70 JAAR

1920 1990

tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 55 nr. 1 1990

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260 AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Het genootschap is lid van de Convention of National Societies of Electrical Engineers of Western Europe (Eurel).

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris.
Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt *f* 60,— per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium contact op te nemen met de voorzitter van de redactiecommissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt *f* 60,—. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

REDACTIECOMMISSIE

ONDERWIJSCOMMISSIE

IN MEMORIAM

BAREND VAN DIJL

geboren 23-12-1911 te Assen

overleden 11-11-1989 te Eindhoven.



Ons erelid B. van Dijl ging na het behalen van het HBS-B diploma in Den Haag elektrotechniek studeren in Delft waar hij in 1935 het ingenieurs-diploma ontving. Daarna was hij werkzaam bij de PTT, het Physisch Laboratorium, bij Shape en de Technische Universiteit Eindhoven. Van elk van deze perioden wil ik iets meer vermelden. Dit werd mogelijk doordat mij uit Leidschendam, Oslo, Breda en Eindhoven hierover bijzonderheden werden toegestuurd.

Van 1935 tot 1938 werkte Van Dijl bij het Radiolaboratorium van de PTT aan de ontwikkeling van lange-afstand-radiotelefonie en telegrafie. Van 1938 tot 1940 was hij tijdens de vervulling van zijn militaire dienstplicht werkzaam bij het Laboratorium voor Physische Strijdmiddelen, alwaar hij zich bezighield met de opwekking en voortplanting van ultrasonore signalen in water.

Na zijn terugkeer bij het Radiolaboratorium van de PTT werkte hij tot 1947 aan frequentie standaarden, en bouwde daarna het Radio-ontvangstation NERA, waarvan hij tot 1956 het beheer voerde. Van begin 1956 tot oktober 1959 was Van Dijl werkzaam bij het Technisch Centrum voor de Luchtverdediging van Shape (SADTC), nu Shape Technical Center (STC), in Den Haag.

Dit Centrum was in 1955 opgericht om de technische grondslagen voor een Europees waarschuwingssysteem te ontwikkelen, bestaande uit radars, dataverwerkingsapparatuur en communicatieverbindingen. De Amerikanen hadden belang bij zulk een waarschuwingssysteem en hebben het Centrum de eerste vijf jaar volgens contract met RVO-TNO gefinancierd.

In Amerika was ervaring opgedaan met radiosystemen gebaseerd op tropospherische en ionospherische verstrooiing toen de luchtverdedigingsketen "Early Warning Chain" werd ontworpen en gebouwd in het hoge noorden van het Amerikaanse continent. Doordat de geheimhouding over deze systemen in 1955 was opgeheven kon de know how aan het Centrum ter beschikking worden gesteld.

In Nederland waren A. van Duuren en zijn medewerkers als eerste in de wereld bezig met ARQ systemen (Automatic Request), voor de gewone ionospherische radioverbindingen. Bob van Dijl kreeg, wegens zijn grote ervaring in Nederhorst-den-Berg, opdracht onderzoek te doen naar ARQ in ionoscatter systemen.

SADTC heeft in die tijd een ionoscatter systeem tussen Parijs, Napels en Izmir gebouwd, welke later verlengd werd tot voorbij Oslo. Bij deze verlenging gaf Van Dijl blijk van zijn doorzettingsvermogen toen hij in Noorwegen met hoed en mantel op zware, witgeverfde soldaten-skies vele kilometers diepe sneeuw trotseerde om de beste plaats voor de aanleg van antennes te bepalen.

Het meeste van zijn tijd bij het Centrum heeft Van Dijl gewerkt aan het ontwerpen en realiseren van het ACE High troposcatter systeem, tussen noordelijk Noorwegen en oostelijk Turkije. Door zijn grote inzet werd dit systeem nog voor eind 1959 gerealiseerd. Deze werkzaamheden vonden plaats in Parijs en gedeeltelijk ook in de Verenigde Staten en Canada.

Bij het Centrum werkten mensen uit de verschillende NAVO-landen samen als een internationaal team. Met zijn grote ervaring en kunnen was Van Dijl een zeer waardevol lid van dit team, gerespecteerd niet alleen wegens zijn vakbekwaamheid, maar ook wegens zijn kwaliteiten als mens. Bob van Dijl was altijd vriendelijk, positief en bereid om te helpen. Hij zal in onze herinnering verder leven als een ware gentleman.

Na zijn terugkeer bij de PTT is Van Dijl korte tijd betrokken geweest bij de aanschaf, keuring en montage van lijnversterkers en draaggolfapparatuur. Daarna werd hij belast met ontwerp, bouw en onderhoud van een telefonie- en televisiestraalverbindingsnet.

Op 28 maart 1962 volgde de benoeming tot hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Eindhoven (nu Technische Universiteit Eindhoven).

Tot zijn pensionering in 1976 heeft Van Dijl college gegeven in signaalbewerking en radiocommunicatie. In zijn vakgroep werd veel onderzoek gedaan aan de satellietcommunicatie. Van 1963 tot 1969 was hij secretaris van de afdeling.

Het NERG heeft zich steeds actief opgesteld bij de kwalificatie van monteurs en technici op het gebied van radio en elektronica. Dit kwam het meest tot uitdrukking in de NRG-, later NERG-examens, de oprichting van de SVEN[1] en de medewerking aan de oprichting van de

CMLEE[2]. Hieraan heeft Van Dijl als NERG-lid veel bijgedragen, zoals uit het hierna volgende moge blijken.

Sinds de instelling van de examens heeft Van Dijl gedurende ruim twintig jaar trouw meegewerkt aan vrijwel alle aspecten van de examens. Hij stelde zich op als een niet-aflatende voorstander van degelijke kennis van de nodige wiskundige en natuurkundige grondslagen van de radio en elektronica, ook voor de niet-wetenschappelijke beoefenaren daarvan. Daardoor zijn zij beter in staat de vele opeenvolgende ontwikkelingen te blijven volgen. Ook trad hij op als gedelegeerde voor het NERG bij de eindexamens van particuliere opleidingsinstituten.

Als een van de beide NERG-vertegenwoordigers in het SVEN-bestuur werkte Van Dijl in de 60-er jaren mee aan de noodzakelijke verbetering van het vakonderwijs in de elektronica. Zoals in de toen verschenen en breed ondersteunde SVEN-nota was aanbevolen, werd in een eenmalige gezamenlijk inspanning van overheid en bedrijfsleven getracht de opgetreden achterstand in te halen. Een prachtig resultaat van deze SVEN-inspanning waarin Van Dijl zijn aandeel had geleverd.

Al spoedig daarna bleek echter dat de overheid weer terugviel in afwachtendheid omtrent de ontwikkelingen op elektronicagebied. Daardoor moest het bedrijfsleven veel investeren in de elektronica-kennis van het personeel, terwijl dat overbodig zou zijn als het reguliere onderwijs adequaat zou functioneren. Hierbij kon Van Dijl zich niet neerleggen. In het begin van de 70-er jaren werd door hem, samen met Ir. F.F.Th. van Odenhoven (Philips' Interne Bedrijfsopleidingen), een representatief samengestelde groep van verontrusten gevormd, die hij later aanduidde als een actiegroep zonder spandoeken. De opzet was te komen tot een advies aan de overheid tot instelling van een ministeriële commissie die de oplossing van de problemen van het elektronica-onderwijs structureel zou aanpakken, met ondersteuning van een professionele staf.

Als tolk van deze verontrusten heeft Van Dijl zich eind 1971 onder de vlag van de SVEN tot de belangrijkste pleitbezorger gemaakt voor de instelling van de CMLEE. Ongebruikelijk snel ging de Minister van Onderwijs en Wetenschappen hiertoe in 1972 over en stemde in met de vestiging van de gevraagde staf in Tilburg. Hij benoemde Van Dijl tot voorzitter.

Door de hoge waarde van de uitgebrachte CMLEE-adviezen vormden deze een belangrijke grondslag voor de verbeteringen, die in de 70-er jaren in het elektrotechnisch mto-, bbo- en lbo-onderwijs en de daarvoor bestemde lerarenopleidingen en bijscholingen door de overheid zijn ingevoerd. De uitmuntende kwaliteit van deze adviezen was voor Van Dijl een zaak van de hoogste waarde. Hij zette zich daar volledig voor in. Het was voor de leden van de stuurgroep van de CMLEE duidelijk dat Van Dijl zeer blij was met de geboekte successen, maar dat hij zich daardoor echt niet liet verblinden. Hij bleef kritisch en gaf leiding door aandacht te vragen voor een voortdurende stroom van oorspronkelijke ideeën, waaronder zeer waardevolle.

De inhoudelijke en didactische onderwijsvernieuwingen in de elektrotechnische afdeling waren zo ingrijpend dat school-directeuren problemen kregen wegens de daardoor ontstane onevenwichtig grote verschillen met de andere afdelingen. Die klacht leidde tot aandrang om het moderniseringstempo wat te vertragen. Op zijn karakteristieke wijze reageerde Van Dijl daarop in opbouwende zin afwijzend. Hij ging zich inzetten om ook voor andere technische disciplines, met name bouwkunde en werktuigbouwkunde, de nodige moderniseringscommissies te vormen. Hij was daarmee al zeer ver gevorderd toen bleek dat dit zinloos werd door een voorgenomen reorganisatie. Hij betreurde dat ten zeerste.

De Minister van Onderwijs en Wetenschappen wilde in 1977 alle CML's opheffen en de leerplanvernieuwingsactiviteiten daarvan concentreren in de op te richten Stichting voor Leerplanontwikkeling (SLO)[3]. De stafleden konden in dienst treden bij de SLO op andere voorwaarden; ze zouden worden ontslagen wegens opheffing van hun betrekking als ze dat niet wilden. Een zeer beperkt aantal leden van de CMLEE mocht worden gevraagd om de nieuwe ACLO-EE[4] te bemannen. Vertegenwoordigers van het bedrijfsleven werden niet meer toegestaan. Aan de zeer succesrijke CMLEE werd zodoende tot ieders spijt een eind gemaakt, waarbij zelfs een hoffelijk woord ontbrak. Dit alles heeft Van Dijl zeer veel pijn gedaan.

Naar het door Van Dijl persoonlijk en namens de CMLEE (in liquidatie) aangetekende verzet tegen de gang van zaken werd nauwelijks geluisterd. Om toch nog enige invloed te kunnen uitoefenen nam Van Dijl het voorzitterschap van de ACLO-EE op zich. Daardoor werd hij ook bestuurslid van de SLO namens een cluster van nog in te stellen beroepsgerichte ACLO's. De aandacht van de SLO werd op aanwijzing van de minister hoofdzakelijk gericht op projecten van de in te voeren basisschool en middenschool. Het beroepsonderwijs had een lage prioriteit in de politiek gekregen en als gevolg daarvan ook in het werk van de SLO. De vergaderingen van het SLO-bestuur gaven Van Dijl veel ergernis wegens botsing der culturen. Herhaaldelijk deelde hij mede dat de agendastukken alweer zo omvangrijk waren dat die in dozen in plaats van enveloppen moesten worden verstuurd en dat de redundante inhoud niet van belang was voor het beroepsonderwijs.

Nog jaren bleef Van Dijl voorzitter van de ACLO-EE in het belang van een goede afwikkeling van de erfenis van de CMLEE. Hij waakte er voor dat de lopende CMLEE-projecten behoorlijk werden afgewerkt onder het vaandel van de SLO. Op persoonlijke aandrang van de SLO-voorzitter bleef hij ook in het bestuur van de SLO.

Toen Van Dijl op grond van zijn leeftijd al zijn maatschappelijke funkties neerlegde, deed hij dat met gemengde gevoelens. Er was nogal wat onder zijn leiding bereikt, maar er was ook veel dat niet meer werd voortgezet. Het deed hem veel goed dat in de politiek aan het beroepsonderwijs weer een hoge prioriteit was toegekend en dat gezocht werd naar nieuwe onderwijsvormen voor de aansluiting van de verwachtingspatronen van zowel de leerling als de maatschappij.

Na zijn aftreden als voorzitter van de SVEN bleef Van Dijl beschikbaar als adviseur. In die rol bracht hij zijn ongerustheid over de gang van zaken bij de leerplanontwikkeling op elektronica gebied enkele malen over. Hij liet die echter gepaard gaan met zijn vertrouwen in een aantal initiatieven die door het bedrijfsleven en het onderwijsveld waren genomen. Met genoegen stelde hij vast dat ook de werkgevers- en werknemersorganisaties thans duurzaam met de overheid in gesprek zijn over de problematiek van het beroepsonderwijs. Zijn conclusie was dat de SVEN voorlopig niet weer opnieuw de nek zou hoeven uit te steken en zich zou kunnen beperken tot het kritisch volgen van de ontwikkelingen.

Het beroepsonderwijs is Van Dijl zeer veel verschuldigd voor zijn initiatieven en daadkracht.

M. Steffelaar, Hoofdredacteur.

---

1 Stichting tot Verbetering van het Elektronica-onderwijs in Nederland, thans genaamd Stichting Elektronica SVEN. Door het NERG tezamen met de Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (VEV) opgericht.

2 Commissie Modernisering Leerplan Elektrotechniek en Elektronica (CMLEE), waarvan de professionele staf was gevestigd te Tilburg. In 1972 ingesteld door minister Van Veen en in 1977 opgeheven door minister Van Kemenade.

3 Een deel van de CMLEE-staf ging met een sterk gewijzigde opdracht over naar een afdeling van de Stichting voor Leerplanontwikkeling (SLO) te Hengelo.

4 Ter advisering werd een Adviescommissie Leerplanontwikkeling Elektrotechniek en Elektronica (ACLO-EE) ingesteld met een sterk gereduceerde opdracht en samenstelling vergeleken met die van de CMLEE.

SPECIALE STRUCTUREN VOOR DIGITALE FILTERS

Ir. J.H.F. Ritzerfeld
Technische Universiteit Eindhoven

Special Structures for Digital Filters. An overview is given of the principal structures for digital filters other than the direct form. These include lattice and ladder filters, wave digital filters, and state-space filters. It is shown how such structures have reduced coefficient sensitivity and improved performance with respect to the non-linear effects of quantization. Freedom of all limit cycles and overflow oscillations as well as optimal signal-to-noise ratio are feasible. A main point of discussion is the question of how the various special structures are related. The underlying philosophy is borrowed from analogue filter theory which requires a proper introduction of the concepts of passivity and lossnessness for digital filters in relation to the definition of (pseudo-)energy and power.

I. INLEIDING

Een-dimensionale tijddiscrete filters worden beschreven met een discrete impuls-responsie $h(n)$ en een bijbehorende z-getransformeerde $H(z)$, de systeemfunctie of overdrachtsfunctie. Een gegeven filteroverdracht kan worden gerealiseerd in de *directe vorm*, waarbij de coëfficiënten van teller- en noemerpolynoom van $H(z)$ alle voorkomen als vermenigvuldigers in de structuur. Met betrekking tot de realisering van digitale filters heeft deze directe weg echter veelal niet de voorkeur, doordat een digitaal systeem niet alleen discreet is in de tijd, maar daarnaast ook discreet is in de amplitude van de signalen en in de waarden van de vermenigvuldigers. Een digitaal filter wordt daarom vaak gerealiseerd als samenstel van tweede (en eerste) orde secties in cascade of parallel. Alle filterrealiseringen die anders zijn dan de directe vorm zullen we aanduiden met *speciale filterstructuren*. Het doel van dit overzicht is enerzijds de lezer vertrouwd te maken met enkele veel toegepaste structuren en anderzijds - en in hoofdzaak - de filosofie uiteen te zetten die de verschillende speciale structuren met elkaar verbindt. Er wordt verondersteld dat de lezer bekend is met de basisbegrippen en gereedschappen van de digitale signaalbewerking, zoals de z-transformatie, de Fourier-transformatie in discrete tijd en de bilineaire transformatie $s=\omega_0(z-1)/(z+1)$ voor de overgang van tijdcontinue systemen (in de Laplace-variabele s) naar tijddiscrete systemen. Onze interesse in speciale structuren is drieledig:

- Verminderen van coëfficiënt-gevoeligheid.

De vermenigvuldigers in een digitaal filter - in een directe vorm filter de coëfficiënten van de overdrachtsfunctie - worden gerealiseerd met een eindig aantal bits. In het algemeen zal dit betekenen dat de coëfficiënten afwijken van de gewenste waarde. De invloed van de waarden van de vermenigvuldigers op de modulus van de overdrachtsfunctie - de coëfficiënt-gevoeligheid - kan met een speciale filterstructuur echter veel kleiner zijn dan met een directe vorm realisering.

- Verminderen van niet-lineaire effecten.

Naast het kwantiseren van de *waarden* waarmee kan worden vermenigvuldigd, moet in een recursief digitaal filter ook de *uitkomst* van een vermenigvuldiging worden gekwantiseerd om een steeds verder toenemende woordlengte te vermijden. Het eerste effect is lineair en veroorzaakt slechts een (kleine) afwijking van de gewenste overdracht. Het tweede effect is niet-lineair en geeft aanleiding tot ongewenste oscillaties (*limit cycles*) en kwantisatieruis. Daarnaast moet in een digitaal filter ook actie worden genomen indien een signaal de maximaal te representeren waarde - met het gegeven aantal bits - overschrijdt. Deze *overflow correctie* kan eveneens ongewenste oscillaties (*overflow oscillations*) tot gevolg hebben. Beide oscillaties kunnen echter met een speciale filterstructuur geheel worden vermeden, hetgeen niet met een directe vorm realisering (ook niet met een samenstel van tweede orde directe vorm secties) kan worden gegarandeerd. Kwantisatieruis kan als zodanig nooit geheel worden vermeden. De signaal/ruisverhouding kan echter beduidend worden verbeterd met een geschikt gekozen filterstructuur, zonder het aantal bits waarmee de signalen worden gerepresenteerd groter te kiezen.

- Lineaire stabiliteit met begrensde vermenigvuldigers.

Voor bepaalde toepassingen - met name adaptieve filters - kan het voordelig zijn om een eenvoudig criterium te hebben waarmee lineaire stabiliteit in een recursief filter kan worden gegarandeerd. Een lattice filter van willekeurige orde is lineair stabiel - zoals we zullen zien - als alle vermenigvuldigers in absolute waarde kleiner dan één zijn. Vergelijk dit met een directe vorm filter, waarbij al in een tweede orde sectie de coëfficiënten in de stabiliteitsdriehoek moeten worden gekozen.

Deze drie punten zijn in feite nauw met elkaar verweven. Zo blijkt een structuur met een lage coëfficiënt-gevoeligheid ook goed te scoren op het punt van de kwantisatieruis en de niet-lineaire stabiliteit - d.i. het niet optreden van ongewenste oscillaties. Ook blijkt het derde punt een uitvloeisel te zijn

van het streven om structuren te ontwerpen met een betere performance op de eerste twee punten. Een en ander houdt verband met het feit dat goed filterontwerp een gemeenschappelijke noemer bevat die eigenlijk al bekend is uit de analoge filtertechniek. Deze onderliggende gedachte zullen we eerst proberen te ontwikkelen (Sectie II), waarna achtereenvolgens de belangrijkste speciale structuren aan de orde komen, te weten:

- *Lattice– en Ladderfilters* of algemener *Orthogonale Filters* (Sectie III)
- *Wave Digital Filters* (WDF's of digitale golffilters) (Sectie IV)
- *State–Space Filters* (Sectie V).

II. ALGEMENE AANPAK

In de analoge filtertechniek speelt het probleem van de coëfficiënt-gevoeligheid eveneens een rol. Ook daar willen we filters ontwerpen waarvan de overdracht zo min mogelijk gaat afwijken bij afwijkende waarden van de spoelen (L's), weerstanden (R's) en condensatoren (C's) in de klassieke filters. De oplossing die gevonden werd, berust op het concept van *verliesvrijheid* en *passiviteit*. Deze beide begrippen kunnen we ook invoeren in de digitale filtertheorie om ongevoelige filters te ontwerpen. Om een en ander duidelijk te maken, is in Fig. 1 een typisch analoog laagdoorlaatfilter getekend met een lage coëfficiëntgevoeligheid. De elementen binnen de omhulling zijn alle verliesvrij (L's en C's) en de afsluitimpedanties aan de beide poorten zijn passief (R's). De bijbehorende amplitude-

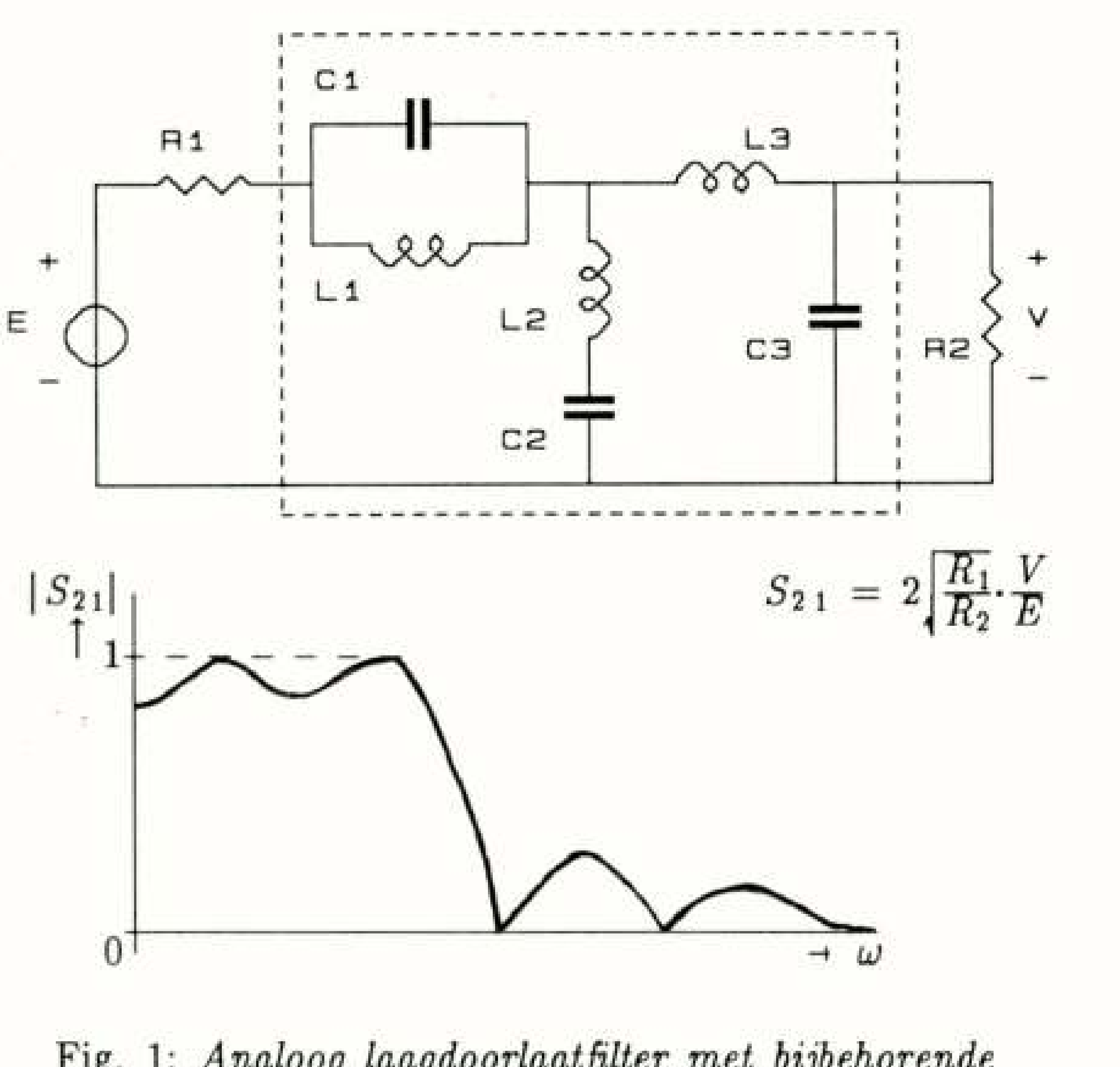


Fig. 1: *Analoog laagdoorlaatfilter met bijbehorende genormeerde amplituderesponsie*

responsie kent in het algemeen een aantal frequenties waar de (vermogens-)overdracht één of nul is. De bijbehorende punten in het complexe s–vlak heten – niet onlogisch – dempingsnulpunten resp. dempingspolen (waar de demping oneindig wordt en de overdracht dus nul). In zowel nulpunten als polen van demping is de amplituderesponsie ongevoelig voor coëfficiënt-variatie op grond van de volgende overwegingen.

- De demping kan niet negatief worden, omdat alle elementen in het filter passief zijn (positieve R's, L's en C's) en negatieve demping zou duiden op aanwezigheid van minstens één actief element. Daardoor zal de amplitude–responsie in de maxima een afgeleide nul hebben naar alle elementwaarden in het filter.

$$\frac{\partial |H|}{\partial L_i} = \frac{\partial |H|}{\partial C_i} = 0, \quad \text{als} \quad |H(j\omega)| = 1. \tag{1}$$

Definiëren we de gevoeligheid of *sensitivity* S_c van het filter voor variatie van een coëfficiënt c op de gebruikelijke manier als de relatieve verandering van de modulus van H als gevolg van de relatieve verandering van c, dan kunnen we schrijven

$$S_c = \lim_{\Delta c \to 0} \frac{\Delta |H| / |H|}{\Delta c / c} = \frac{\partial \ln(|H|)}{\partial \ln(c)} = 0 \tag{2}$$

op grond van bovenstaande relatie.

- Alle elementen binnen de omhulling – een verliesvrije *tweepoort* – hebben een imaginaire impedantie. Daardoor zullen de polen (en nulpunten) van demping op de imaginaire as in het s–vlak optreden, en – wat belangrijker is – de imaginaire as niet kunnen verlaten. Het gevolg is, dat de nulpunten in de amplituderesponsie ook echt nulpunten blijven bij coëfficiënt–variatie en hooguit een beetje op de frequentie–as kunnen schuiven. In een plaatje van modulus H op logarithmische schaal komt dit tot uiting, doordat de nulpunten (oneindig diepe) putten zijn, die bij afwijkende elementwaarden horizontaal kunnen verschuiven, echter niet kunnen worden opgevuld.

Soortgelijke redeneringen zouden we ook in het digitale domein kunnen voeren, met dien verstande dat dan de eenheidscirkel in het complexe z–vlak de rol van de imaginaire as in het s–vlak vervult. Daartoe moeten we echter eerst de begrippen verliesvrijheid en passiviteit invoeren in de digitale filtertheorie. Definiëren we het *momentane vermogen* van een tijddiscreet signaal $x(n)$ als $p(n) = x^2(n)$ en het *gemiddelde vermogen* of kortweg het *vermogen* P als het tijdgemiddelde van $p(n)$, dan kunnen we stellen:

> Een digitale bouwsteen is verliesvrij als het totale vermogen dat de bouwsteen instroomt via ingaande signalen gelijk is aan het totale vermogen dat de bouwsteen verlaat via uitgaande signalen, $P_u = P_i$.
> Een digitale bouwsteen is passief als het uitgaande vermogen niet groter is dan het ingaande vermogen, $P_u \leq P_i$.

Beschouwen we twee eenvoudige digitale bouwstenen, een *digital one–pair* – met één ingangssignaal en één uitgangssignaal – en een *digital two–pair* – met twee ingangssignalen

en twee uitgangssignalen. Overeenkomstig kennen we in de analoge filtertheorie de algemene impedantie of eenpoort resp. de tweepoort. In Fig. 2 zijn de beide digitale bouwstenen getekend.

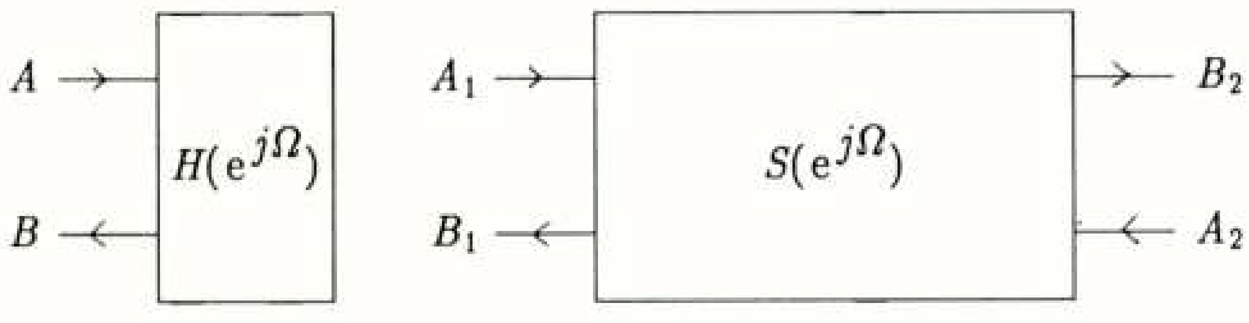


Fig. 2: *Digital one–pair en digital two–pair*

Een one–pair kunnen we algemeen beschrijven met een overdrachtsfunctie $H(z)$, een two–pair met een matrix van functies van z, die om historische reden S wordt genoemd (we komen daarop later nog terug).

$$\begin{bmatrix} B_1(z) \\ B_2(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11}(z) & S_{12}(z) \\ S_{21}(z) & S_{22}(z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1(z) \\ A_2(z) \end{bmatrix}$$

of in matrix–notatie $\underline{B} = S\,\underline{A}$ (3)

De A's en B's zijn z-getransformeerden van de in- en uitgangssignalen, of, zoals in Fig. 2, *complexe amplituden* van deze signalen in het geval van harmonische tijdafhankelijkheid:

$a_i(n) = \mathrm{Re}(A_i\, e^{j\Omega n})$ resp. $b_i(n) = \mathrm{Re}(B_i\, e^{j\Omega n})$.

Het vermogen van een harmonisch signaal met complexe amplitude A is $|A|^2/2$. Er geldt dus de volgende stelling.

Een digital one–pair is *verliesvrij* indien voor elke frequentie Ω geldt: $|B| = |A|$. Voor de frequentieresponsie betekent dit: $|H(e^{j\Omega})| = 1$ voor alle Ω.

Een dergelijke overdracht heet een *all–pass* filter of fasedraaier, omdat alle frequenties in amplitude worden doorgelaten en slechts in fase worden aangetast. Blijkbaar bestaat de verzameling van verliesvrije overdrachtsfuncties uit de all–pass filters. In termen van $H(z)$ kunnen we deze verzameling ook karakteriseren met $H(z)H(z^{-1}) = 1$. Eenvoudigste voorbeelden van verliesvrije overdrachtssystemen zijn

de tijdvertrager met $H(z) = z^{-1}$,
de doorverbinding met $H(z) = 1$ en
de inverter (de vermenigvuldiging met -1) met $H(z) = -1$.

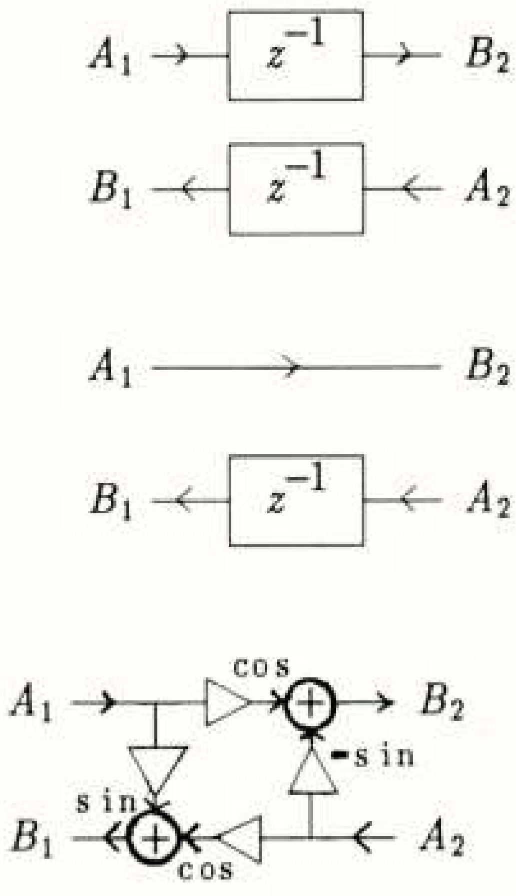
Opm.: De functie $H(z)H(z^{-1})$ heet de *analytische voortzetting* of *uitbreiding* van $|H(e^{j\Omega})|^2$ naar het hele z-vlak. Op de eenheidscirkel geldt de identiteit

$$H(z)H(z^{-1})\Big|_{z=e^{j\Omega}} = H(e^{j\Omega})H(e^{-j\Omega}) = H(e^{j\Omega})H^*(e^{j\Omega})$$
$$= |H(e^{j\Omega})|^2. \qquad (4)$$

Een digital two–pair is op dezelfde manier verliesvrij indien $S^+(e^{j\Omega})S(e^{j\Omega}) = \mathcal{J}$ voor alle Ω. Hierin staat S^+ voor de *getransponeerde* en *geconjugeerde* matrix $(S^t)^*$, die ontstaat uit S door verwisseling van rijen en kolommen en conjugatie van de elementen. $\mathcal{J}$ is de eenheidsmatrix in $\mathbb{R}_2$: $\mathcal{J} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$

De eis $S^+S = \mathcal{J}$ volgt eenvoudig uit de voorwaarde voor verliesvrijheid $P_u = P_i$, dus $|B_1|^2 + |B_2|^2 = |A_1|^2 + |A_2|^2$, ofwel $\underline{B}^+\underline{B} = \underline{A}^+\underline{A}$, met $\underline{B} = S\cdot\underline{A}$. In termen van $S(z)$ kunnen we ook schrijven $S^t(z^{-1})S(z) = \mathcal{J}$. S heet dan *para-unitair*.

Drie elementaire verliesvrije two–pairs met hun bijbehorende S-matrix zijn getekend in Fig. 3, de vertragingslijn, de semi-vertragingslijn en de *rotator*.



$$S = \begin{bmatrix} 0 & z^{-1} \\ z^{-1} & 0 \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 & z^{-1} \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} \sin(\phi) & \cos(\phi) \\ \cos(\phi) & -\sin(\phi) \end{bmatrix}$$

Fig. 3: *Elementaire verliesvrije digital two–pairs*

Opm.: De rotator heeft een S-matrix met reële elementen en voldoet daardoor aan de relatie $S^tS = \mathcal{J}$. Een reële unitaire matrix heet ook wel een orthogonale matrix. Vandaar de naam *orthogonale filters* voor structuren die zijn opgebouwd met verliesvrije one– en two–pairs. In ruimere zin vallen zowel de lattice- en ladderfilters als de wave digital filters onder deze klasse.

Een verliesvrije overdrachtsfunctie of all–pass functie wordt ook wel een LBR–functie genoemd. De afkorting staat voor *L*ossless *B*ounded *R*eal. Een *B*ounded *R*eal (BR–functie) is daarbij een *passieve* overdracht, waarvoor het uitgangsvermogen naar boven begrensd ('bounded') is door het ingangsvermogen. In geval van gelijke vermogens aan in- en uitgang voor een willekeurig ingangssignaal spreekt men van 'lossless' (verliesvrij). De aanduiding 'real' slaat op het reëel zijn van $H(z)$ voor reële z. $H(z)$ is een zgn. reële rationale functie, d.w.z. een quotiënt van twee polynomen in z met reële coëfficiënten.

Willen we digitale filters ontwerpen op de 'analoge' manier (Fig. 1), dan moeten we naast verliesvrije bouwblokken ook passieve afsluitingen kennen. De meest voor de hand liggende passieve afsluiting is daarbij een one–pair met $B=0$. Dit komt heel simpel neer op $A_2=0$ voor de two–pair die op deze manier passief wordt afgesloten. B_2 is dan het uitgangssignaal van het digitale filter (Fig. 2).

Het ontwerpen van digitale filters met verliesvrije en passieve bouwstenen is ook de meest effectieve manier om de storende invloed van niet-lineariteiten (kwantisatie en overflow correctie) in het filter te verminderen. Dit geldt zowel voor het onderdrukken van limit cycles en overflow oscillaties als voor het verbeteren van de signaal/ruis-verhouding.

- In eerste benadering kunnen we het afronden van de *uitkomst* van een vermenigvuldiging modelleren als ruis op de *waarde* van de betrokken vermenigvuldiger. Een lage coëfficiënt-gevoeligheid gaat daardoor altijd gepaard met een verminderde kwantisatieruis aan de uitgang van het filter.
- Een voldoende voorwaarde voor niet-lineaire stabiliteit van een recursief digitaal filter is gegeven door de eis dat een geschikt gekozen *pseudo-energie* afneemt door de niet-lineaire operatie(s) en niet toeneemt door de lineaire bewerkingen in het filter. Met het voorgestelde filterontwerp voldoen we aan deze eis indien we voor de pseudo-energie het eerder gedefinieerde vermogen kiezen en het afronden in het filter vervangen door afbreken. Deze laatste manier van kwantiseren verkleint de absolute waarde van een signaal ($2.6 \rightarrow 2$) in tegenstelling tot het normale afronden ($2.6 \rightarrow 3$). Limit cycles zijn daarmee uitgesloten, daar elk signaal dat in een lus (*loop*) van het filter rondloopt slechts energie kan verliezen (elke loop bevat onherroepelijk een kwantisator). Hetzelfde geldt voor overflow oscillaties, omdat elke vorm van overflow correctie energie-verminderend werkt.

III. LATTICE- EN LADDERFILTERS

We hebben nu alle middelen om een orthogonaal filter op te bouwen met elementaire verliesvrije two-pairs in cascade, zoals getekend in Fig. 4.

echter alle nulpunten in de oorsprong, zoals door berekening kan worden geverifieerd. Een willekeurige nulpunten-ligging en daarmee een algemene overdracht $X \rightarrow Y$ komt tot stand door de getekende lineaire combinatie van uitgangssignalen van de two-pairs.

Opm.: Door deze realisering van de nulpunten gaat er een deel van de lage coëfficiënt-gevoeligheid verloren, althans voor de nulpunten. Voor de meeste toepassingen van recursieve filters is echter een gunstige pool-gevoeligheid van groter belang. Als we FIR-filters willen ontwerpen - die zoals bekend slechts nulpunten hebben (en polen in de oorsprong) - dan kunnen we toch een lage coëfficiënt-gevoeligheid bereiken met de in Fig. 5 getekende structuur. Deze lijkt sterk op een omkering van Fig. 4, met dat verschil, dat de rotators nu met hun twee ingangen links en hun twee uitgangen rechts zijn getekend.

Het grote nadeel van deze realiseringen is, dat er veel te kwistig wordt omgesprongen met vermenigvuldigers. In Fig. 4 realiseren we slechts drie polen met de 12 vermenigvuldigers in de drie rotators. Hetzelfde geldt voor de drie nulpunten in Fig. 5. Wanneer we op zoek gaan naar orthogonale two-pairs met minder vermenigvuldigingen, komen we vanzelf uit op *lattice* structuren. In Fig. 6 is de overgang aangegeven via het zgn. *three-multiplier* ladder element naar de *two-multiplier* lattice en *one-multiplier* lattice elementen. De typische kruisende takken geven de beide laatste hun naam (ook wel tralie-element).

Uiteraard betalen we een prijs voor het besparen op vermenigvuldigers. Strikt genomen zijn de nieuwe elementen namelijk niet verliesvrij, in die zin dat ze niet voldoen aan de

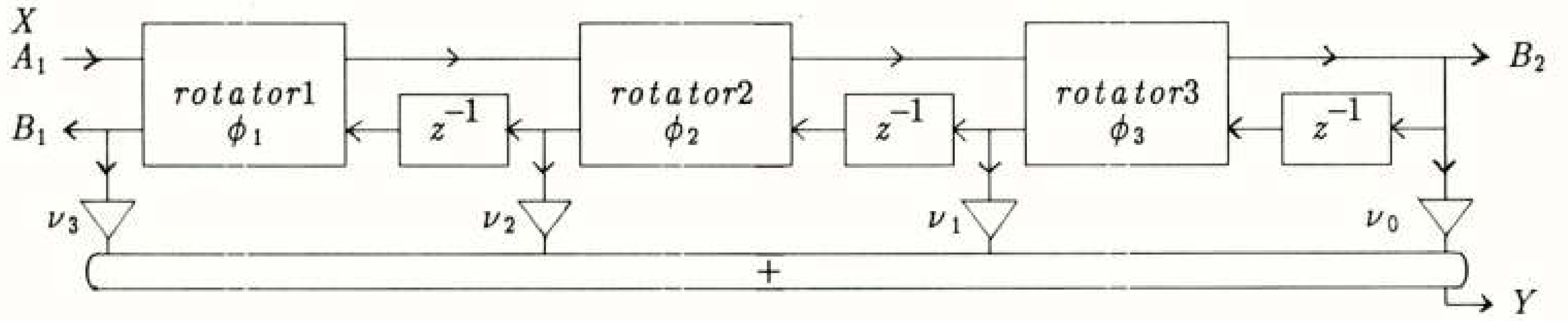


Fig. 4: *Orthogonaal ladder filter*

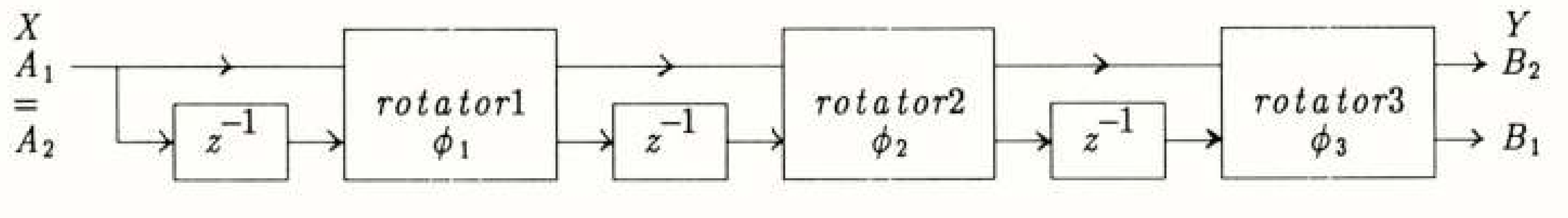
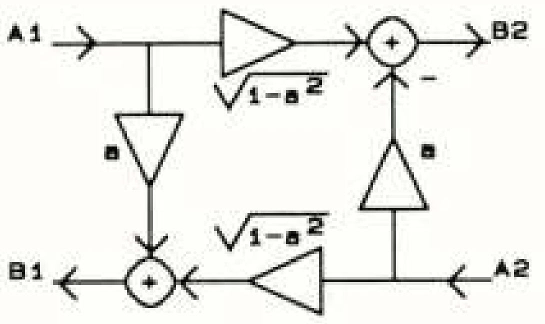


Fig. 5: *Orthogonaal FIR-filter*

De elementen in de cascade zijn de semi-vertragingslijn en de rotator uit Fig. 3. Voor de laatste two-pair in de cascade geldt $A_2 = B_2$, zodat er sprake is van een verliesvrije afsluiting (een doorverbinding). De overdracht van A_1 naar B_1 zal daardoor een LBR-functie zijn en dus een all-pass karakter hebben. De overdracht $A_1 \rightarrow B_2$ heeft dezelfde polen als $A_1 \rightarrow B_1$,

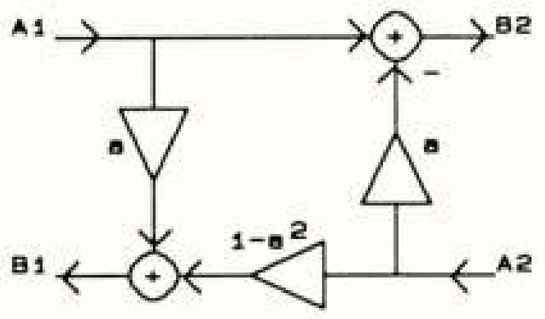
relatie $S^t S = \mathcal{J}$. Wel geldt een verwante relatie $S^t DS = D$, zoals ook in Fig. 6 is aangegeven. Daarbij is D een *diagonale* matrix met *positieve* elementen (bedenk dat $|a| < 1$). Deze afwijking van het ideale geval heeft een toename van de coëfficiënt-gevoeligheid tot gevolg, die echter frequentie-onafhankelijk is en in de praktijk weinig problemen geeft.



$$S = \begin{bmatrix} a & \sqrt{1-a^2} \\ \sqrt{1-a^2} & -a \end{bmatrix}$$

$$S^t S = \mathcal{J}$$

Fig. 6a: *Rotator (four-multiplier ladder element)*

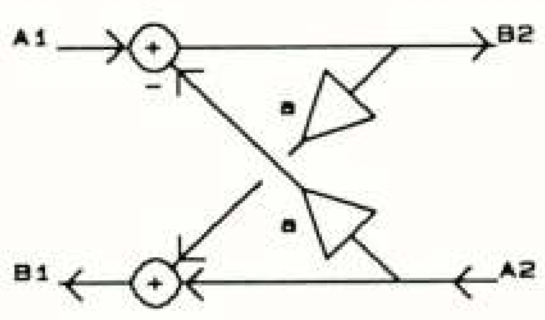


$$S = \begin{bmatrix} a & 1-a^2 \\ 1 & -a \end{bmatrix}$$

$$S^t DS = D \text{ met}$$

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1-a^2 \end{bmatrix}$$

Fig. 6b: *Three-multiplier ladder element*

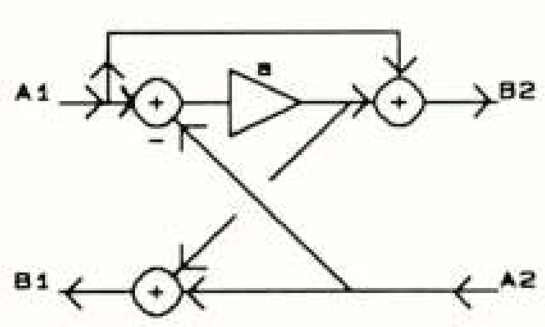


$$S = \begin{bmatrix} a & 1-a^2 \\ 1 & -a \end{bmatrix}$$

$$S^t DS = D \quad \text{met}$$

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1-a^2 \end{bmatrix}$$

Fig. 6c: *Two-multiplier lattice element*



$$S = \begin{bmatrix} a & 1-a \\ 1+a & -a \end{bmatrix}$$

$$S^t DS = D \quad \text{met}$$

$$D = \begin{bmatrix} 1+a & 0 \\ 0 & 1-a \end{bmatrix}$$

Fig. 6d: *One-multiplier lattice element*

Opm.: Het verschil tussen de condities $S^t S = \mathcal{J}$ en $S^t DS = D$ heeft alles te maken met *scaling*, d.w.z. het schalen of aanpassen van signaalniveau's in een digitaal filter om maximale uitsturing te bereiken met een gegeven (zeer kleine) kans op overflow. Dopen we $D^{\frac{1}{2}} S D^{-\frac{1}{2}}$ even S', dan is de relatie $S^t DS = D$ identiek met $(S')^t S' = \mathcal{J}$. Hierin zijn $D^{\frac{1}{2}}$ en $D^{-\frac{1}{2}}$ diagonale matrices met de wortels, resp. de reciproke waarden van de wortels, van de elementen van D op hun diagonaal. De two-pair S' verschilt van de two-pair S alleen in het ontbreken van twee *scalers* (lees: vermenigvuldigers) aan de beide ingangen ($\sqrt{D_{11}}$ en $\sqrt{D_{22}}$) en twee reciproke scalers aan de beide uitgangen.

De vier elementen in Fig. 6 zijn identiek wat betreft de overdracht $A_1 \to B_1$ als ze verliesvrij worden afgesloten, b.v. met een tijdvertrager: $B_2 = z^{-1} A_2$. In alle vier de gevallen geldt dan

$$H(z) = \frac{B_1}{A_1} = \frac{az+1}{z+a} \tag{5}$$

d.w.z. een algemene eerste orde all-pass of LBR-functie, met $|H(e^{j\Omega})| = 1$. Een begrensde coëfficiënt $-1 < a < 1$ levert een stabiel filter. Ook in een samenstel van lattice secties en tijdvertragers (Fig. 4) hoeven we slechts elke coëfficiënt in de lattices in absolute waarde kleiner dan 1 te kiezen om een stabiel filter te verkrijgen. Deze eenvoudige conditie maakt de lattice-filters aantrekkelijk voor toepassing in recursieve adaptieve filters, waar automatisch aanpassen van coëfficiënten niet tot instabiliteit mag leiden.

Bij een gegeven overdrachtsfunctie moeten in een lattice-filter nog de waarden van de vermenigvuldigers in de lattice elementen en de ν's in Fig. 4 worden bepaald, hetgeen niet triviaal is. Voor de lattice-filters bestaat er echter een eenvoudig algorithme om de coëfficiënten te bepalen, gebaseerd op het recursief afsplitsen (extractie) van eerste orde LBR-functies van de totale overdrachtsfunctie.

IV. WAVE DIGITAL FILTERS

Bij de vertaling van het concept 'verliesvrijheid' naar digitale filters zijn we vrij geruisloos overgegaan van het s-domein naar het z-domein en zijn we tot de conclusie gekomen dat verliesvrije eenpoorten uit de analoge filters overeenkomen met LBR digital one-pairs. We kunnen deze overgang ook explicieter maken met de bilineaire transformatie en rechtstreeks de verliesvrije analoge elementen - zoals de spoel en de condensator - vertalen naar overeenkomstige digitale elementen. Het voordeel van deze werkwijze is, dat we dan meteen de volledige kennis omtrent het ontwerp van analoge filters ter beschikking hebben in het digitale domein. We kunnen dan b.v. een zesde orde elliptisch filter of een tiende orde Chebyshev filter opzoeken in een tabellenboek van analoge filters en de elementen één-op-één vertalen naar het overeenkomstige digitale filter.

Om tot een goede vertaling te komen, keren we even terug naar de beschrijving van een two-pair met een matrix S. In de analoge filtertheorie is deze manier van beschrijven van een tweepoort reeds lang bekend. De matrix S heet dan de *scattering-* of *verstrooiingsmatrix*, die voor een verliesvrije tweepoort unitair blijkt te zijn: $S^+ S = \mathcal{J}$. De naamgeving voor deze matrix is afkomstig uit de fysica. In de elektrotechniek wordt de signaaloverdracht door een lange leiding of via een antenne-verbinding beschouwd als een verstrooiing van golven. Een naar rechts lopende golf A_1 - in b.v. een coax-kabel - wordt met een factor S_{21} doorgelaten en met een factor S_{11} gereflecteerd. Op dezelfde manier wordt een naar links lopende golf A_2 met een factor S_{12} doorgelaten en met een factor S_{22} gereflecteerd, zoals is aangegeven in Fig. 7, waarin $\underline{B} = S\underline{A}$.

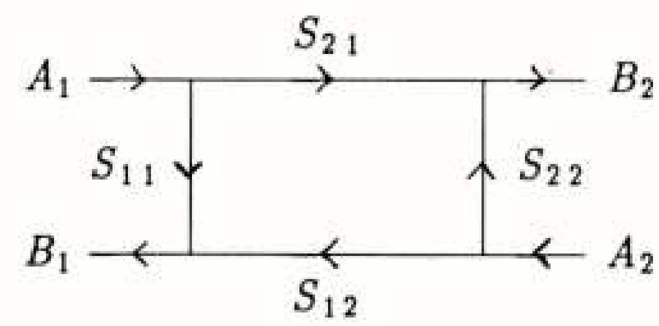


Fig. 7: *De verstrooiings- of scattering-matrix*

Formeel kunnen we de signalen in een digitaal filter als golven beschouwen met een richting en een meegevoerd vermogen $\frac{1}{2}|A|^2$ in een golf $a(n) = \mathrm{Re}(Ae^{j\Omega n})$. De correcte keuze van signalen in paren leidt dan tot de *wave digital filters*.

In een analoog filter worden twee golven geassocieerd met een poort of klemmenpaar (spanning V, stroom I), en wel

een golf $A=V+RI$ in de richting van de stroom aan de plusklem en een golf $B=V-RI$ in de richting van de stroom aan de min-klem. Hierin is R een geschikt te kiezen *poortweerstand*, of aan de poort toegevoegd *kengetal*. Een en ander wordt duidelijk aan de hand van de golfvoorstelling van de vier belangrijkste analoge filter-elementen.

- Een spanningbron E met inwendige weerstand R levert een klemspanning $V=E-RI$, zodat $V+RI=E$. In een golfvoorstelling is een spanningsbron dus een *golfbron* met $A=E$, onafhankelijk van $B=V-RI$.

- Een weerstand R wordt aan de klemmen beschreven door $V=RI$, zodat $V-RI=0$. Een weerstand R is daarmee een *golfput* met $B=0$. Het vermogen van de inkomende golf A wordt volledig gedissipeerd en er wordt niets gereflecteerd. Definiëren we de reflectie-coëfficiënt ρ als de verhouding B/A, dan geldt

$$\rho = \frac{B}{A} = \frac{V-RI}{V+RI} = 0. \tag{6}$$

- Voor een spoel L geldt aan de klemmen: $V=j\omega L\cdot I$. Voor de modulus van de reflectie-coëfficiënt vinden we

$$|\rho| = \left|\frac{B}{A}\right| = \left|\frac{V-LI}{V+LI}\right| = \left|\frac{j\omega - 1}{j\omega + 1}\right| = 1. \tag{7}$$

Voor het gemak hebben we L als kengetal genomen. Blijkbaar wordt het vermogen van de inkomende golf A volledig gereflecteerd.

- Een condensator C wordt aan de klemmen beschreven door $I=j\omega C\cdot V$. Voor de modulus van de reflectie-coëfficiënt geldt

$$|\rho| = \left|\frac{B}{A}\right| = \left|\frac{V-I/C}{V+I/C}\right| = \left|\frac{1 - j\omega}{1 + j\omega}\right| = 1. \tag{8}$$

Voor het gemak hebben we $1/C$ als kengetal genomen. Het vermogen van de inkomende golf A wordt weer volledig gereflecteerd.

De reflectie-coëfficiënt van de beide verliesvrije elementen L en C is dus - zoals het hoort - een LBR-functie van de Laplace-variabele s, met modulus 1 voor $s=j\omega$. We hebben nu echter expliciet een reflectie $(s-1)/(s+1)$ voor de spoel en $(1-s)/(1+s)$ voor de condensator. Met de bilineaire transformatie $s=(z-1)/(z+1)$, als vertaling van een LBR-functie in het s-domein naar een LBR-functie in het z-domein, volgt dan

$$\begin{aligned} B &= -z^{-1}A \quad \text{voor de spoel} \quad \text{en} \\ B &= z^{-1}A \quad \text{voor de condensator.} \end{aligned} \tag{9}$$

Opm.: We hebben hier de conventie overgenomen dat s een op ω_0 genormeerde frequentie-variabele is en daardoor dimensieloos is. Hierin is ω_0 de afsnijfrequentie (in rad/s) van een prototype analoog laagdoorlaatfilter. Op dezelfde manier hebben ook de elementwaarden L en $1/C$ de dimensie van een weerstand, doordat spoelen en condensatoren worden gekarakteriseerd door de grootte van hun impedantie bij frequentie ω_0. Na keuze van de afsnijfrequentie volgen de elememtwaarden van spoelen (in Henry) en condensatoren (in Farad) uit L/ω_0 resp. C/ω_0. Het analoge filter dat het uitgangspunt vormt voor het ontwerp van een wave digital filter heet het *referentie-filter*.

Opm.: De scattering-matrix van een analoge *tweepoort* geeft de verstrooiing van de inkomende golven $A_1=V_1+I_1R_1$ en $A_2=V_2+I_2R_2$ weer. Een verliesvrije tweepoort voldoet aan

$$S^+ \mathscr{R}^{-1} S = \mathscr{R}^{-1} \qquad \text{met} \quad \mathscr{R} = \begin{bmatrix} R_1 & 0 \\ 0 & R_2 \end{bmatrix}. \tag{10}$$

De reden waarom niet de relatie $S^+S=\mathscr{I}$ geldt, is gelegen in het feit dat golven van het type $V+RI$ *spanningsgolven* zijn in tegenstelling tot *vermogensgolven* van het type $V/\sqrt{R}+\sqrt{R}I$. De keuze van golftype heeft geen invloed op reflectie-coëfficiënten (S_{11}, S_{22} en ρ), maar alleen op overdrachtscoëfficiënten (S_{21} en S_{12}). Dit effect zagen we al eerder optreden bij de lattice-filters (Fig. 6). Ook voor de wave digital filters geldt dat er wordt bespaard op het aantal vermenigvuldigers, wanneer we uitgaan van spanningsgolven. Het gevolg is ook nu weer een kleine frequentie-onafhankelijke toename van de coëfficiënt-gevoeligheid.

We hebben nu dus zeer simpele vertalingen van de analoge filter-elementen ter beschikking. Een bron-tweepool drukt een ingangssignaal op, een weerstand onttrekt een uitgangssignaal, een spoel is een tijdvertrager met een inverter en een condensator is een tijdvertrager. De eenvoud van de overeenkomstige digitale elementen is in zoverre bedrieglijk, dat steeds een gunstige poortweerstand is gekozen, afhankelijk van de waarde van de analoge elementen. Op het moment dat we de digitale elementen met elkaar willen verbinden, vergelijkbaar met 'analoge' serie- en parallelschakeling, komen de poortweerstanden en daarmee de waarden van de analoge elementen in het spel in de vorm van vermenigvuldigers in de *adapters* die de verbindingen in een wave digital filter verzorgen. De eenvoudigste adapter is de two-pair adapter, die een verandering van poort-weerstand $R_1 \rightarrow R_2$ kan realiseren met gebruikmaking van één vermenigvuldiger. In termen van V en I zoeken we dan een tweepoort die de spanning behoudt ($V_2=V_1$) en de stroom doorgeeft ($I_2=-I_1$, waarin het min-teken afkomstig is van de conventie om de stroomrichting aan de plus-klemmen naar de tweepoort toe te kiezen). In de golfvoorstelling moeten we dan voldoen aan de vergelijkingen

$$\tfrac{1}{2}(A_2 + B_2) = \tfrac{1}{2}(A_1 + B_1) \tag{11}$$

$$\frac{A_2 - B_2}{2R_2} = -\frac{A_1 - B_1}{2R_1}. \tag{12}$$

Om de verstrooiingsmatrix te bepalen, drukken we B_1 en B_2 uit in A_1 en A_2.

$$B_1 = A_2 + \frac{R_2-R_1}{R_2+R_1}\cdot(A_1-A_2) \tag{13}$$

$$B_2 = A_1 + \frac{R_2-R_1}{R_2+R_1}\cdot(A_1-A_2) \tag{14}$$

In Fig. 8 is de two-pair adapter weergegeven met bijbehorende S-matrix.



$$S = \begin{bmatrix} a & 1-a \\ 1+a & -a \end{bmatrix}$$

$$\text{met} \quad a = \frac{R_2-R_1}{R_2+R_1}$$

Fig. 8: *Two-pair adapter voor verandering van poortweerstand*

De two-pair adapter is dus niets anders dan het one-multiplier lattice element (Fig. 6d). Nemen we b.v. een condensator met poortweerstand $1/C$ als afsluiting (zie ook vgl. (5)), dan geldt $B_2=z^{-1}A_2$, met $R_2=1/C$. De overdracht $A_1 \to B_1$ is dan

$$H(z) = \frac{B_1}{A_1} = \frac{az+1}{z+a} \qquad \text{met} \quad a = \frac{1-R_1C}{1+R_1C}\,. \tag{15}$$

Gezien de vrijheid van keuze van R_1 is dit een algemene eerste orde all-pass of LBR-functie met $|H(e^{j\Omega})| = 1$.

In een analoog filter kunnen we elementen (of eenpoorten) in serie of parallel schakelen. In het overeenkomstige wave digital filter hebben we daartoe adapters nodig die algemeen n poorten met verschillende poortweerstanden $R_1 \ldots R_n$ met elkaar kunnen verbinden, de n-pair serie-adapter en de n-pair parallel-adapter. In termen van V en I betekent serieschakelen van n poorten:

$$V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_n = 0 \tag{16a}$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = \ldots = I_n\,. \tag{16b}$$

De n-pair serie-adapter dient dan de volgende n relaties $\underline{B}=S_{serie}\underline{A}$ te realiseren.

$$B_i = A_i - \beta_i\cdot\sum_{k=1}^{n} A_k \qquad (i = 1, \ldots, n) \tag{17a}$$

$$\text{waarin} \quad \beta_i = \frac{2R_i}{R_0} \quad \text{met} \quad R_0 = \sum_{k=1}^{n} R_k \tag{17b}$$

Er zijn in totaal n vermenigvuldigers β_i nodig om de n uitgangssignalen B_i van de n-pair serie-adapter te berekenen uit de n ingangssignalen A_i. Merk op dat alle vermenigvuldigers positief zijn als het referentie-filter slechts passieve elementen bevat. Door gebruik te maken van de relatie $\Sigma\beta_i=2$ kunnen we nog we nog één vermenigvuldiger besparen door b.v. B_n te berekenen met

$$B_n = -\sum_{k=1}^{n} A_k - \sum_{k=1}^{n-1} B_k \tag{18}$$

Voor V en I betekent parallelschakelen van n poorten:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \ldots = V_n \tag{19a}$$

$$I_1 + I_2 + I_3 + \ldots + I_n = 0. \tag{19b}$$

De n-pair parallel-adapter dient dan n relaties $\underline{B}=S_{parallel}\underline{A}$ te realiseren.

$$B_i = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k\cdot A_k - A_i \qquad (i = 1, \ldots, n) \tag{20}$$

$$\text{waarin} \quad \alpha_i = \frac{2G_i}{G_0} \quad \text{met} \quad G_0 = \sum_{k=1}^{n} G_k \quad \text{en} \quad G_k = 1/R_k$$

Er zijn weer n vermenigvuldigers α_i nodig om de n uitgangssignalen B_i van de n-pair parallel-adapter te berekenen uit de n ingangssignalen A_i. Merk op dat ook deze vermenigvuldigers alle positief zijn als het referentie-filter slechts passieve elementen bevat. Door gebruik te maken van de relatie $\Sigma\alpha_i=2$ kunnen we ook nu nog één vermenigvuldiger besparen.

De algemene n-pair adapters gebruiken elk minimaal n-1 vermenigvuldigers en hebben dus n-1 vrijheidsgraden. In de uiteindelijke realisering heeft een wave digital filter hetzelfde totale aantal vrijheidsgraden als het analoge referentie-filter. In Fig. 9 zijn de symbolen van de beide n-pair adapters getekend.

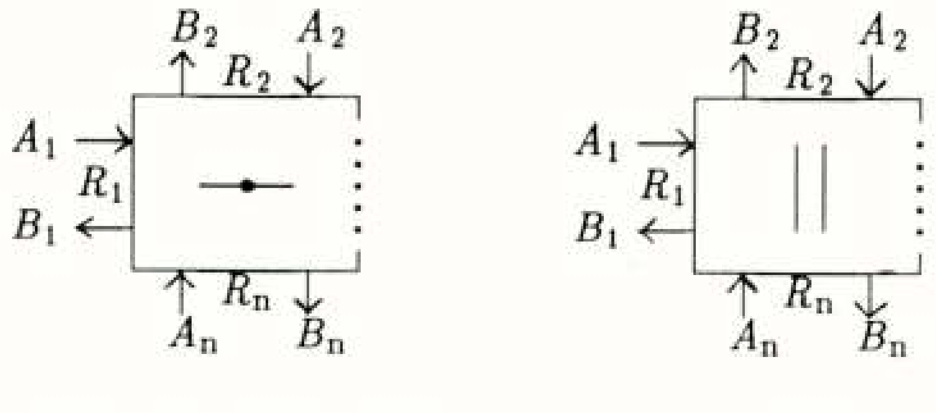


Fig. 9: *n-pair serie-adapter en n-pair parallel-adapter*

Opm.: We kunnen de adapters ook karakteriseren door een $n{\times}n$ matrix S. Met bovenstaande relaties vinden we dan voor S_{serie} en $S_{parallel}$:

S_{serie}	$S_{ii} = 1-\beta_i$	en	$S_{ij} = -\beta_i \quad (i{\neq}j)$
$S_{parallel}$	$S_{ii} = \alpha_i-1$	en	$S_{ij} = \alpha_j \quad (i{\neq}j)$.

De poortweerstanden van de adapters worden bepaald door de aangesloten elementen. In het in Fig. 10 getekende voorbeeld worden de poortweerstanden bepaald door de bronweerstand R_1, de afsluitweerstand R_2, de spoel'weerstand' L en de condensator'weerstand' $1/C$. Het gaat hier om een notchfilter met een overdrachtsnulpunt (een dempingspool) bij $\omega=1/\sqrt{LC}$. Een 3-pair parallel-adapter realiseert de parallelschakeling van de bron (met inwendige weerstand), de afsluitweerstand en de serieschakeling van L en C. Voor de serieschakeling hebben we nog een 3-pair serie-adapter nodig.

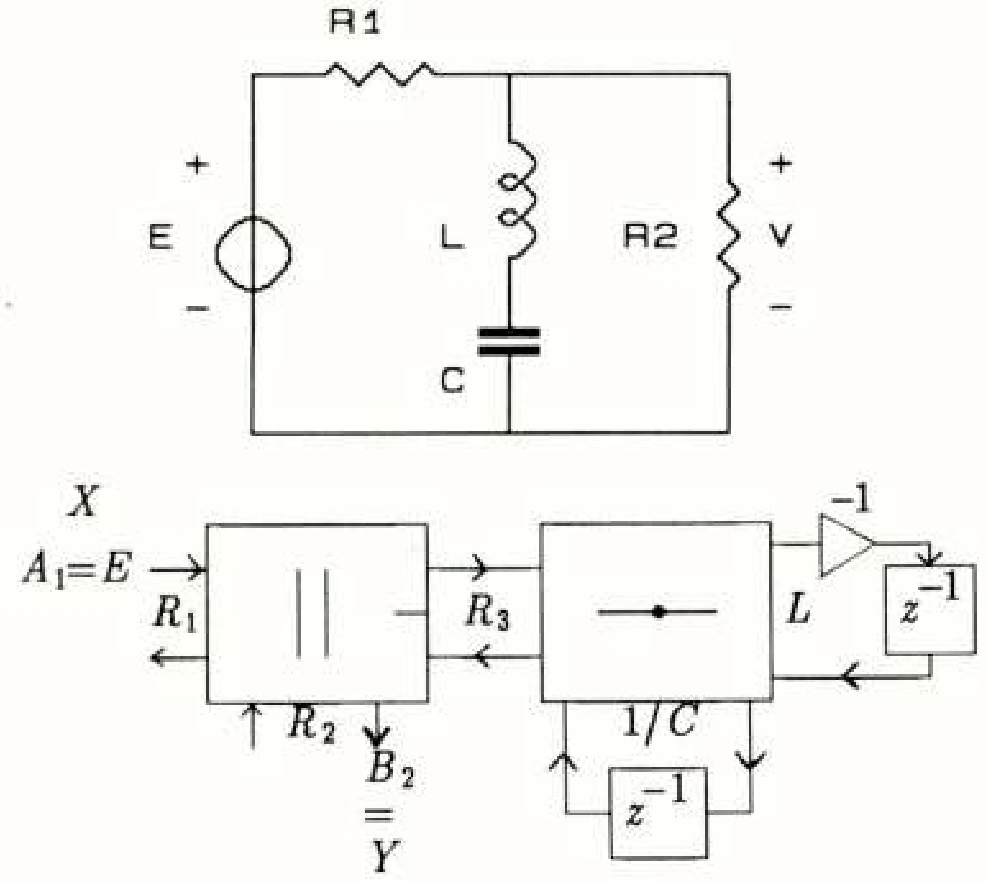


Fig. 10: *Voorbeeld van een wave digital filter met bijbehorend referentiefilter*

Bij de verbinding *tussen* adapters wordt de gemeenschappelijke poortweerstand niet bepaald door een element (R_3 in Fig. 10). Toch is deze niet vrij te kiezen. Bij het verbinden van adapters ontstaat er in het algemeen namelijk een *vertragingsvrije lus* of *delay-free loop*. Dit is een gesloten pad in het filter dat geen vertragingselement bevat. Een vertragingsvrije lus mag nooit voorkomen, omdat het onmogelijk is om een rekenvolgorde in de lus aan te geven. Slechts door geschikte keuze van de gemeenschappelijke poortweerstand kan bij het verbinden van adapters een vertragingsvrije lus worden vermeden. Bij één van de adapters mag dan de directe weg van ingangs- naar uitgangssignaal van de verbindende poort niet voorkomen. In Fig. 10 is gekozen voor de parallel-adapter, hetgeen is aangegeven met een dwarsstreepje bij de betrokken poort. Er moet gelden dat B_3 onafhankelijk is van A_3, ofwel $S_{\text{parallel}33} = \alpha_3 - 1 = 0$. Aan de eis $\alpha_3=1$ wordt voldaan met $G_3 = G_1+G_2$, of $1/R_3 = 1/R_1+1/R_2$.

Algemeen geldt voor een parallel-adapter dat wanneer één poort*geleiding* G_i gelijk is aan de som van de andere poortgeleidingen, dat dan S_{ii} gelijk is aan nul. De betrokken poort heet dan *reflectievrij* of *aangepast*. Voor een serie-adapter geldt hetzelfde met betrekking tot de poort*weerstanden*. In Fig. 10 hadden we dus ook $R_3=L+1/C$ kunnen kiezen om $S_{\text{serie}33}=1-\beta_3=0$ te realiseren. Aanpassing van een poort bespaart weer een vermenigvuldiger in de adapters, zodat een n-pair adapter met n-2 vermenigvuldigers kan worden gerealiseerd.

V. STATE-SPACE FILTERS

State-space filters ontstaan uit een voorstelling van een digitaal filter als een 'black box' met L poorten (ingangs-/uitgangs-klemmenparen) waarin algebraische bewerkingen worden uitgevoerd (optellingen en vermenigvuldigingen) en waaraan uitwendig L vertragingselementen zijn aangesloten. In Fig. 11 is deze *state-space* voorstelling getekend, samen met een ingangssignaal $x(n)$ en een uitgangssignaal $y(n)$ tussen welke een gewenste overdracht $H(z)$ moet worden gerealiseerd.

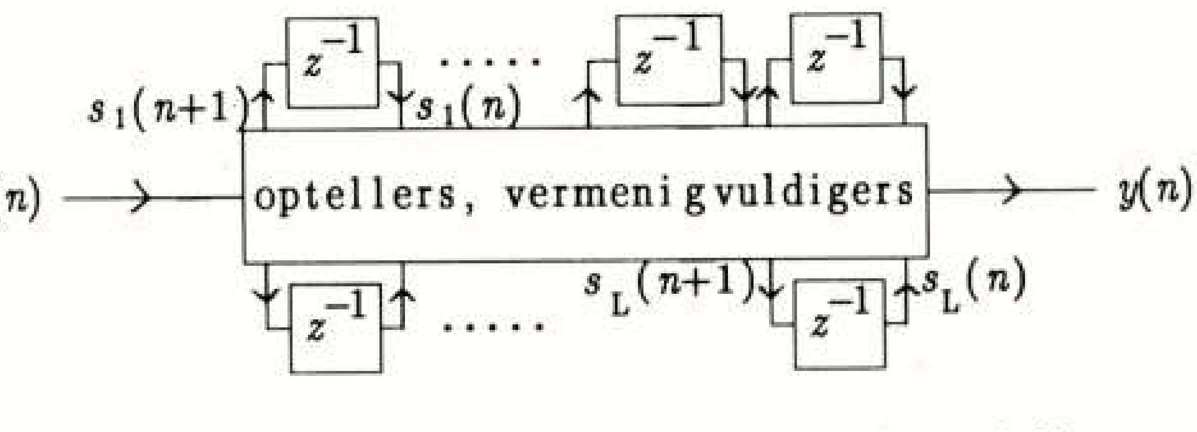


Fig. 11: *State-space voorstelling van een digitaal filter*

De *toestanden* of *states* $s_i(n)$ zijn de inhouden van de geheugen-elementen die op elk tijdstip n kunnen worden uitgelezen. De nieuwe *state-* of *toestandsvector* $\underline{s}(n+1)$ wordt op elk moment aan de ingangen van de tijdvertragers aangeboden. De dimensie L van de *toestandsruimte* of *state space* zegt daarbij iets over de orde van het filter. Met L geheugenplaatsen kunnen we algemeen een L-de orde overdrachtsfunctie realiseren.

De verandering van de state in de tijd wordt vastgelegd door de toestandsvergelijkingen

$$\underline{s}(n+1) = A\ \underline{s}(n) + \underline{b}\ x(n) \tag{21a}$$

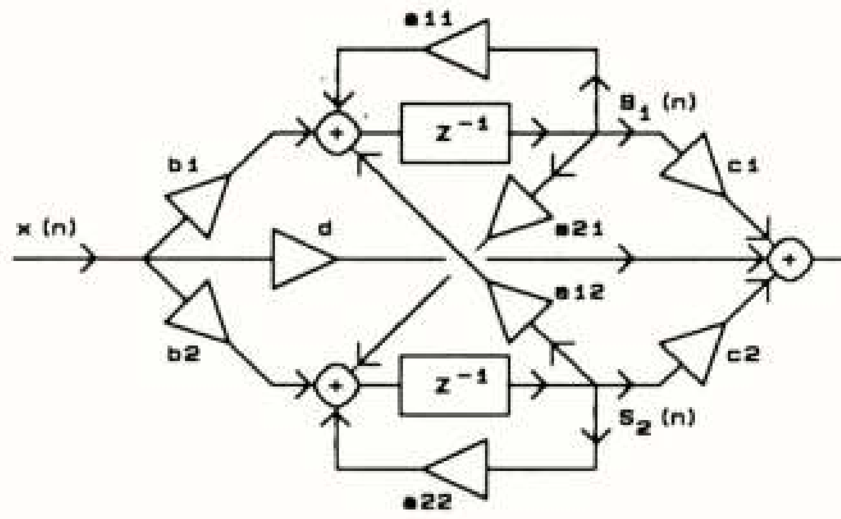
$$y(n) = \underline{c}^t\ \underline{s}(n) + d\ x(n). \tag{21b}$$

Hierin is A een $L\times L$ matrix, $\underline{b}$ en $\underline{c}$ zijn (kolom-)vectoren met L elementen - en $\underline{c}^t$ dus een $1\times L$ rijvector - en d is een scalar. De *toestandsmatrix* A - niet te verwarren met een golf - beschrijft hoe de nieuwe state afhangt van de huidige en bepaalt daarmee de stabiliteit van het systeem. De vector $\underline{b}$ geeft aan hoe de state mede wordt gestuurd door het ingangssignaal en $\underline{c}$ en d geven aan hoe het uitgangssignaal ontstaat door lineaire combinatie van state en ingangssignaal.

Opm.: Men zou de toestandsmatrix ook kunnen zien als de verstrooiingsmatrix van een L-pair adapter die de interconnectie van L elementen realiseert.

Deze beschrijving in de toestandsruimte kan voor *elk* digitaal filter worden gegeven. We noemen een realisering van een gegeven $H(z)$ een *state-space filter*, wanneer de toestandsvergelijkingen rechtstreeks zijn vertaald naar een filter-structuur. De elementen van A, $\underline{b}$ en $\underline{c}$ en de constante d komen daarbij alle voor als vermenigvuldigers in de realisering. In Fig. 12 is een tweede orde state-space filter weergegeven, waarin in totaal 9 vermenigvuldigers worden gebruikt. Bedenken we dat een algemene tweede orde overdrachtsfunctie slechts 5 vrijheidsgraden kent, dan hebben we blijkbaar 4 vrijheden over. Voor een L-de orde state-space filter hebben we $(L+1)^2$ vrijheidsgraden ter beschikking, waarvan er $2L+1$ nodig zijn voor de realisering van de gewenste overdracht. De resterende L^2 vrijheidsgraden hebben enerzijds tot gevolg dat er vele state-space filters zijn die dezelfde overdrachtsfunctie realiseren, anderzijds kunnen we deze vrijheid zo goed mogelijk benutten om ongewenste niet-lineaire effecten te verminderen. Daarbij beperkt men zich dan meestal tot een realisering met een

cascade van tweede orde state-space secties, om het aantal vermenigvuldigingen niet onnodig groot te laten worden. Een L-de orde filter gebruikt dan $4L+1$ vermenigvuldigers.



$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \qquad \underline{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \qquad \underline{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}$$

Fig. 12: *Tweede orde state-space filter*

Om na te gaan hoe de verschillende state-space filters met dezelfde $H(z)$ met elkaar samenhangen, bepalen we eerst hoe de overdrachtsfunctie volgt uit de toestandsvergelijkingen. Daartoe schrijven we deze in z-getransformeerde vorm

$$z\,\underline{S}(z) = A\,\underline{S}(z) + \underline{b}\,X(z) \qquad (22a)$$

$$Y(z) = \underline{c}^t\,\underline{S}(z) + d\,X(z). \qquad (22b)$$

Elimineren we de getransformeerde state-vector $\underline{S}(z)$ - niet te verwarren met de verstrooiingsmatrix S - dan vinden we het verband tussen X en Y.

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = d + \underline{c}^t(z\mathcal{I}-A)^{-1}\underline{b} \qquad (23)$$

Hierin komt de inverse van de matrix $z\mathcal{I}-A$ voor, waarin $\mathcal{I}$ de $L \times L$ eenheids-matrix is. Het noemerpolynoom van $H(z)$ wordt daarmee gelijk aan de determinant $\det(z\mathcal{I}-A)$, zodat de *polen* van $H(z)$ gelijk zijn aan de *eigenwaarden* van A. De eigenwaarden van A moeten dus binnen de eenheidscirkel in het z-vlak liggen.

State-space filters die met elkaar samenhangen via een *state-transformatie* $\underline{s} = T\underline{s}'$ blijken nu dezelfde overdrachtsfunctie te realiseren. Hierin is T een *reguliere* matrix, d.w.z. een matrix waarvan de inverse bestaat. Wanneer we de relatie $\underline{s} = T\underline{s}'$ namelijk invullen in de originele toestandsvergelijkingen, dan zien we dat de parameters van het getransformeerde filter worden gegeven door

$$A' = T^{-1}AT \qquad \underline{b}' = T^{-1}\underline{b}$$
$$\underline{c}' = T^t\underline{c} \qquad d' = d. \qquad (24)$$

A' ontstaat uit A via een *gelijkvormigheidstransformatie*, die de eigenwaarden onveranderd laat. Voor het getransformeerde filter geldt dan ook $H'(z) = H(z)$.

Een geschikte state-transformatie kan nu dienen om een state-space filter met een gegeven $H(z)$ te optimaliseren met betrekking tot coëfficiënt-gevoeligheid, limit cycles en kwantisatieruis. We kunnen b.v. zodanig transformeren dat de L-pair met verstrooiingsmatrix A *passief* wordt (zie Fig. 11 met weglating van de signalen $x(n)$ en $y(n)$). Verliesvrijheid van deze L-pair zou zijn gegeven door de conditie $A^tA = \mathcal{I}$. Overeenkomstig kunnen we de voorwaarde voor passiviteit verkort noteren als "$A^tA < \mathcal{I}$". Daarmee wordt dan bedoeld dat de matrix $\mathcal{I}-A^tA$ *positief definiet* is, hetgeen betekent dat $\underline{s}^t(\mathcal{I}-A^tA)\underline{s} > 0$ voor een *willekeurige* state $\underline{s} \neq \underline{0}$. Naast een lage coëfficiënt-gevoeligheid garandeert deze voorwaarde dat zowel limit cycles als overflow oscillaties niet kunnen optreden.

Opm.: De eis $\underline{s}^t(\mathcal{I}-A^tA)\underline{s} > 0$ zegt in feite dat het momentane vermogen van de huidige state $\underline{s}^t\underline{s}(n)$ groter is dan dat van de nieuwe state $\underline{s}^t\underline{s}(n+1)$. Kiezen we dit vermogen als de eerder genoemde pseudo-energie (einde Sectie II), dan hebben we de gewenste afname van de energie in het filter nadat $x(n) \equiv 0$ is gemaakt. Niet-lineaire stabiliteit wordt bereikt door kwantisatie (afbreken) en overflow correctie uit te voeren op de L toestandsvariabelen, d.w.z. *buiten* de black box. Kwantisatie binnen de black box is overbodig, omdat hierin geen lussen voorkomen. Deze zouden namelijk vertragingsvrij zijn. Het niet kunnen optreden van ongewenste oscillaties in een filter met ingangssignaal $x(n) \equiv 0$ wordt ook wel aangeduid met de term *zero-input stability*.

Anders geformuleerd kunnen we stellen dat een state-space filter *lineair* stabiel is als de eigenwaarden van de state-matrix A in modulus alle kleiner dan 1 zijn en dat een state-space filter *niet-lineair* stabiel is als *bovendien* de eigenwaarden van A^tA alle kleiner dan 1 zijn (de eigenwaarden van A^tA zijn positief reëel).

Bij gegeven eigenwaarden van A - de polen van $H(z)$ - is er altijd een matrix A te vinden waarvoor $A^tA < \mathcal{I}$. State-space filters die aan deze eis voldoen worden *minimum-norm filters* genoemd. Vergelijkbaar met het kwadraat van de norm van een vector $\|\underline{v}\|^2 = \underline{v}^t\underline{v}$, is het kwadraat van de *matrix-norm* $\|A\|$ per definitie gelijk aan de grootste eigenwaarde van A^tA. Op grond van het bovenstaande geldt voor minimum-norm filters blijkbaar $\|A\| < 1$.

Het belangrijkste minimum-norm filter is een tweede orde state-space filter met polen $\alpha \pm j\beta$ en toestandsmatrix

$$A = \begin{bmatrix} \alpha & \beta \\ -\beta & \alpha \end{bmatrix}$$
$$\text{zodat} \quad A^tA = (\alpha^2+\beta^2)\cdot\mathcal{I} = \det(A)\cdot\mathcal{I} < \mathcal{I} \qquad (25)$$

Dit wordt een realisering in *normale vorm* genoemd, omdat de state-matrix een normale matrix is, gekarakteriseerd door $A^tA = AA^t$. Een directe vorm filter met $A = \begin{bmatrix} 2\alpha & 1 \\ -\alpha^2-\beta^2 & 0 \end{bmatrix}$ gaat over in de normale vorm via een state-transformatie

$$\underline{s} = T\underline{s}' \quad \text{met} \quad T = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\alpha & \beta \end{bmatrix}$$
$$\text{zodat} \quad A' = T^{-1}AT = \begin{bmatrix} \alpha & \beta \\ -\beta & \alpha \end{bmatrix}. \qquad (26)$$

Naast de minimum-norm eis voor de toestandsmatrix kunnen we ook nog eisen opleggen aan de vectoren $\underline{b}$ en $\underline{c}$ in de state-space realisering. Deze eisen worden dan geformuleerd vanuit het oogpunt om de kwantisatieruis aan de uitgang van het filter te verminderen. Een state-space filter met een maximale signaal/ruis-verhouding heet een *minimum-noise filter*. Het blijkt dat de eis $\|A\| < 1$ een nodige voorwaarde is voor een minimum-noise realisering. Zonder afleiding zij vermeld dat een tweede orde minimum-noise filter voldoet aan drie condities

$$a_{11} = a_{22} \tag{27a}$$

$$b_1c_1 = b_2c_2 \tag{27b}$$

$$P_{s_1} = P_{s_2} = \frac{1}{2} \tag{27c}$$

De laatste voorwaarde zegt dat de beide toestandsvariabelen maximaal en *in dezelfde mate* worden uitgestuurd, hetgeen kan worden bereikt met *scaling*. Het schalen in een state-space filter is niets anders dan een state-transformatie met een diagonale matrix en vergt L vrijheidsgraden in een L-de orde filter. Aan bovenstaande voorwaarden kan dus precies worden voldaan met de 4 resterende vrijheden bij $L=2$.

Opm.: Kiezen we een positieve diagonale matrix D en passen we scaling toe met $\underline{s}=D^{\frac{1}{2}}\underline{s}'$, dan wordt de minimum-norm voorwaarde $A^tA < \mathcal{I}$ getrans-formeerd in $A'^tDA' < D$. Deze laatste voorwaarde is ook voldoende om niet-lineaire stabiliteit te garanderen. We kunnen nl. als geschikte pseudo-energie het getransformeerde vermogen $\underline{s}'^tD\underline{s}'$ gebruiken. Voor tweede orde state-space filters kunnen we de conditie $A^tDA < D$ ook expliciet uitdrukken in een voorwaarde waaraan de elementen van de state-matrix moeten voldoen. Er geldt dan de volgende stelling.

Een tweede orde state-space filter is niet-lineair (zero-input) stabiel met elke vorm van overflow correctie en kwantisatie in de vorm van afbreken op de beide state-variabelen als de elementen van de toestandsmatrix voldoen aan

$$|a_{11}-a_{22}| < 1-\det(A). \tag{28}$$

LITERATUUR

Algemeen

[1] H.J. Butterweck, J.H.F. Ritzerfeld and M.J. Werter, "Finite wordlength effects in digital filters," *Arch. Elektron. & Übertragungstech.*, vol. AEÜ-43, pp. 76-89, 1989.

[2] P.P. Vaidyanathan and S.K. Mitra, "Low passband sensitivity digital filters: A generalized viewpoint and synthesis procedures," *Proc. IEEE*, vol. 72, pp. 404-423, 1984.

[3] P.P. Vaidyanathan, "A unified approach to orthogonal digital filters and wave digital filters, based on LBR two-pair extraction," *IEEE Trans. Circuits & Syst.*, vol. CAS-32, pp. 673-686, 1985.

Lattice and Ladder Filters, Orthogonal Filters

[4] E. Deprettere and P. Dewilde, "Orthogonal cascade realization of real multiport digital filters," *Int. J. Circuit Theory & Appl.*, vol. 8, pp. 245-272, 1980.

[5] A.H. Gray, Jr. and J.D. Markel, "Digital lattice and ladder filter synthesis," *IEEE Trans. Audio & Elektroacoust.*, vol. AU-21, pp. 491-500, 1973.

Wave Digital Filters

[6] A. Fettweis, "Digital filters related to classical filter networks," *Arch. Elektron. & Übertragungstech.*, vol. AEÜ-25, pp.79-89, 1971.

[7] A. Fettweis, "Wave digital filters: Theory and practice," *Proc. IEEE*, vol. 74, pp. 270-327, 1986.

State-Space Filters

[8] C.W. Barnes and A.T. Fam, "Minimum norm recursive digital filters that are free of overflow limit cycles," *IEEE Trans. Circuits & Syst.*, vol. CAS-24, pp. 569-574, 1977.

[9] L.B. Jackson, A.G. Lindgren and Y. Kim, "Optimal synthesis of second-order state-space structures for digital filters," *IEEE Trans. Circuits & Syst.*, vol. CAS-26, pp.149-153, 1979.

[10] W.L. Mills, C.T. Mullis and R.A. Roberts, "Digital filter realizations without overflow oscillations," *IEEE Trans. Acoust., Speech & Signal Process.*, vol. ASSP-26, pp. 334-338, 1978.

[11] C.T. Mullis and R.A. Roberts, "Synthesis of minimum roundoff noise fixed point digital filters," *IEEE Trans. Circuits & Syst.*, vol. CAS-23, pp. 551-562, 1976.

[12] J.H.F. Ritzerfeld, "A condition for the overflow stability of second-order digital filters that is satisfied by all scaled state-space structures using saturation," *IEEE Trans. Circuits & Syst.*, vol. CAS-36, pp. 1049-1057, 1989.

HET RACE PROGRAMMA: "R&D in Advanced Communications Technologies in Europe"

Ir. J. van Egmond
Communication Systems, Philips International B.V.
Directeur RACE Industrial Consortium A.I.
Lid Requirements Board "Telecom 2000"

The RACE Programme. This article describes the objectives and structure of the RACE programme. Attention will be given to the special character of RACE, as it is based on a coherent, consistent and dedicated system approach, which differs considerably from that of other EEC subsidized R&D programmes, such as ESPRIT. In this context two important projects of RACE, R1044 and R1045 are described in general terms, together with the RACE Industrial Consortium, Prime Contractor of these projects. In the end a list of current RACE projects is given in Annex 1, while Annex 2 provides a list of acronyms used in this paper.

Inleiding

In de negentiger jaren zal de dienstensector, in het bijzonder dat deel dat gebruik maakt van telecommunicatie, zich ontplooien als een van de meest invloedrijke factoren voor de verdere ontwikkeling van Europa zowel als van de wereld. Door de voortschrijdende integratie van diensten met nieuwe communicatie technologieën dienen zich vele nieuwe mogelijkheden aan. Europa's toekomstige politieke, economische en sociale positie zal daarom sterk afhangen van een tijdige introductie en ontplooiing van deze nieuwe mogelijkheden en diensten.

De voordelen van deze nieuwe ontwikkelingen zijn groot: handel en industrie kunnen hun concurrentiekracht verbeteren op de wereldmarkt door een meer doelmatig gebruik van informatie; werkelijke alternatieven voor veelvuldige (zaken)reizen komen beschikbaar; nieuwe werkmethoden worden mogelijk voor gehandicapten en voor ontwikkelingsgebieden; de gezondheidszorg en de sociale en publieke diensten kunnen worden verbeterd; en de culturele en politieke banden in heel Europa kunnen worden verstevigd.

Om deze nieuwe toepassingen van geavanceerde communicatiemiddelen te stimuleren en beschikbaar te krijgen, is het van vitaal belang de krachten op Europees niveau te bundelen en te zorgen dat deze diensten aan geharmoniseerde eisen van de gebruikers voldoen. RACE (R&D in Advanced Communications Technologies in Europe) voorziet in deze stimulerende aanpak. Dit programma, dat door de Europese Raad van Ministers is goedgekeurd in december 1987 voor een eerste periode van 5 jaar, heeft als algemeen doel: het opvijzelen van de concurrentiepositie van de telecommunicatie industrie, netwerk exploitantan en dienstverleners in de EEG (Europese Economische Gemeenschap), door aan de eindgebruikers diensten aan te bieden, die de basis zullen vormen van een concurrerende Europese economie en die zullen bijdragen aan de handhaving en vernieuwing van de werkgelegenheid in Europa.

Doelstelling RACE

Het hoofddoel van RACE is de voorbereiding van de introductie van geïntegreerde breedband communicatiediensten (IBC - Integrated Broadband Communication), rekening houdend met de komende ISDN (Integrated Services Digital Network) en de diverse nationale introductie strategieën. IBC diensten moeten beschikbaar komen in de hele EEG vanaf 1995. De volgende doelstellingen zijn hiervan afgeleid:

- Promotie van de Europese telecommunicatie industrie.
- EEG netwerk exploitanten in staat stellen te concurreren onder de meest gunstige omstandigheden.
- Een minimum noodzakelijk aantal lidstaten in staat stellen commerciële diensten te starten vanaf 1995.
- Scheppen van mogelijkheden voor dienstverleners om hun prijs/prestatieverhouding te verbeteren en de nieuwe diensten te introduceren.
- Beschikbaar stellen van nieuwe diensten aan eindgebruikers tegen tenminste dezelfde tarieven en op eenzelfde tijdschaal als in de andere westerse landen.
- Bijdragen aan de vorming van één Europese markt voor alle IBC apparatuur en diensten.
- Bijdragen aan de regionale ontwikkeling in de EEG door de minder ontwikkelde regio's toe te staan volledig mee te laten delen in deze ontwikkelingen.

Het programma

Na een Definitie Fase van anderhalf jaar in 1986 en 1987 werd vanaf 1 januari 1988 gestart met projecten van de RACE Hoofd Fase (Main Phase I), ook wel RACE I genoemd. Deze fase loopt tot medio 1992. Op dit moment bestaat RACE uit 91 projecten, waaraan wordt deelgenomen door 306 verschillende organisaties uit 17 Europese landen, verdeeld over industrie, PTT's, universiteiten en research instellingen. Fig. 1 geeft een verdeling van de grootte van de deelnemende bedrijven en instellingen weer.

In RACE zijn meer dan 2000 specialisten betrokken. De totale inspanning over 5 jaar is begroot op 6700 manjaar en de totale kosten op 1200 MECU (1200 miljoen ECU, European Currency Unit). Dit is ongeveer f. 2,8 miljard. De EEG subsidieert het RACE programma met 550 MECU.

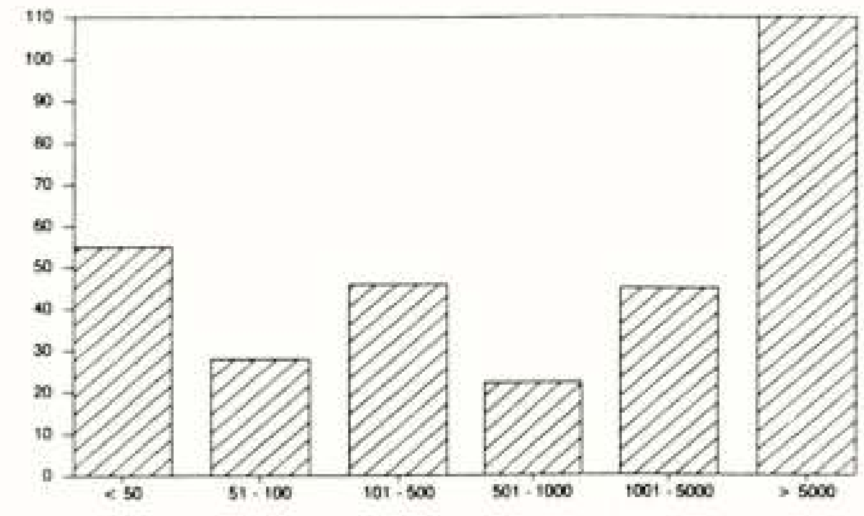


Fig. 1: Verdeling naar grootte deelnemende bedrijven

Behalve de 12 lidstaten van de EEG doen ook de volgende landen van EVA (Europese Vrijhandels Associatie) mee: Finland, Noorwegen, Oostenrijk, Zweden en Zwitserland. Een speciale regeling tussen de EEG en EVA laat deelname uit EVA-landen toe. Op deze deelname wordt uiteraard geen EEG subsidie gegeven; de overheden van de deelnemende EVA-landen betalen een bijdrage aan de EEG voor het management van RACE.

Structuur van RACE

Het RACE programma bestaat uit drie delen: een systeemdeel (IBC Ontwikkeling en Implementatie Strategie), een technologie-deel (IBC Technologie), en een test-deel (Prenormatieve Functionele Eisen). Fig. 2 geeft een overzicht van de programma-onderdelen met de daarbij behorende taken of technische deelgebieden. Deel I vervult een coordinerende functie. Deel II is de verzameling projecten van het technologie ondezoek, gerangschikt naar de diverse technische gebieden. Deel III omvat alle projecten voor testen en verificatie. Alle delen worden gelijktijdig uitgevoerd. Alleen de meeste projecten van Deel III beginnen om voor de hand liggende redenen wat later dan die uit Deel I en II. De onderlinge samenhang is geschetst in fig. 3, terwijl de verdeling van de kosten over de diverse programma onderdelen is weergegeven in fig. 4.

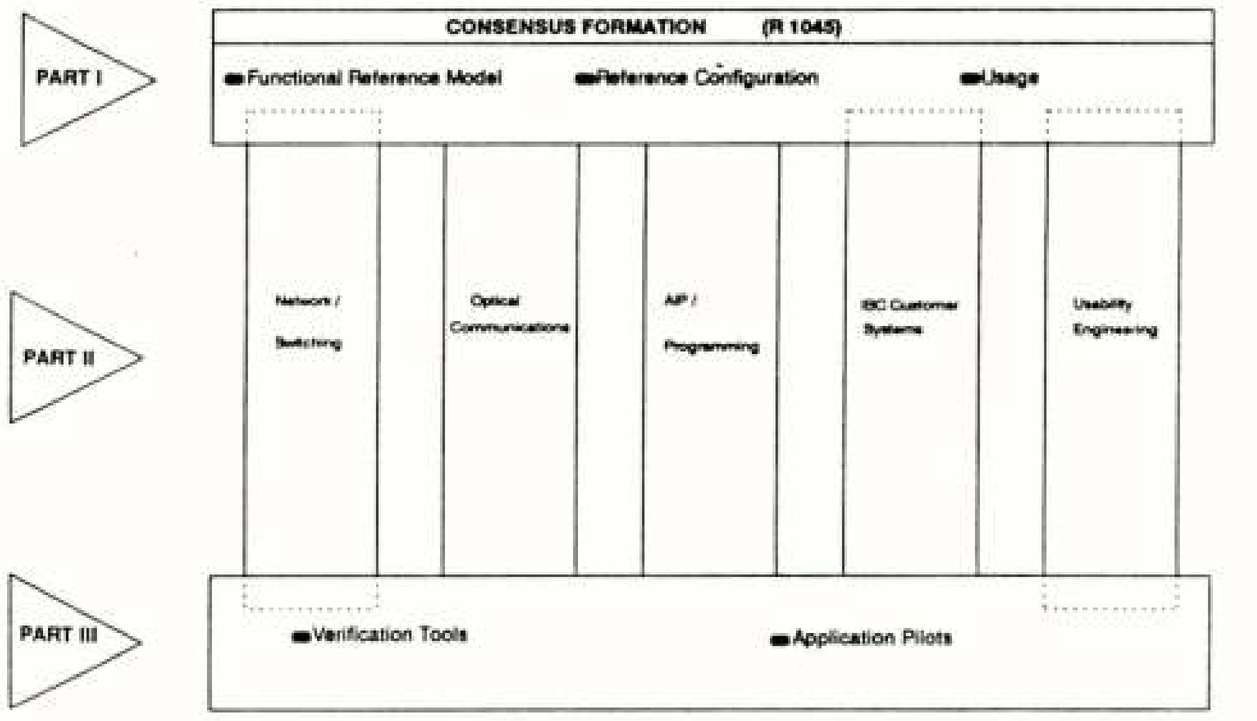


Fig. 3: Structuur RACE programma.

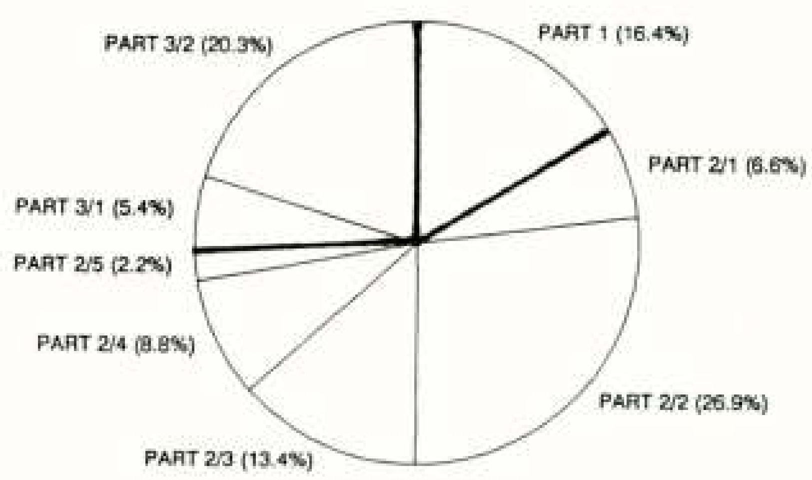


Fig. 4: Besteding per onderdeel.

Part I: IBC Development and Implementation Strategy

4 Main Workpackages:

- Consensus Management Organization (CMO)
- I.1 - Functional Reference Model
- I.2 - Reference Configuration Development
- I.3 - Usage Reference Model

Part II: IBC Technologies

5 Technical Areas:

- II.1 - Networks & Switching
- II.2 - Optical communications
- II.3 - Adv. Inform. Processing and Programming
- II.4 - IBC Customer Systems and Integration
- II.5 - Usability Engineering

Part III: Prenormative Functional Requirements

2 Project Classes:

- III.1 - Verification Tools
- III.2 - Application Pilots

Fig. 2: Overzicht RACE Programma onderdelen.

Globale Beschrijving Activiteiten

Fig. 5 geeft een schematisch overzicht van de projecten in RACE Deel I. Ondersteund door 19 projecten zijn de drie hoofdtaken (workpackages, zie fig.2) gericht op de ontwikkeling en definitie van de noodzakelijke referentie modellen en configuratie (zie de "synthesis workpackages" in fig. 5).

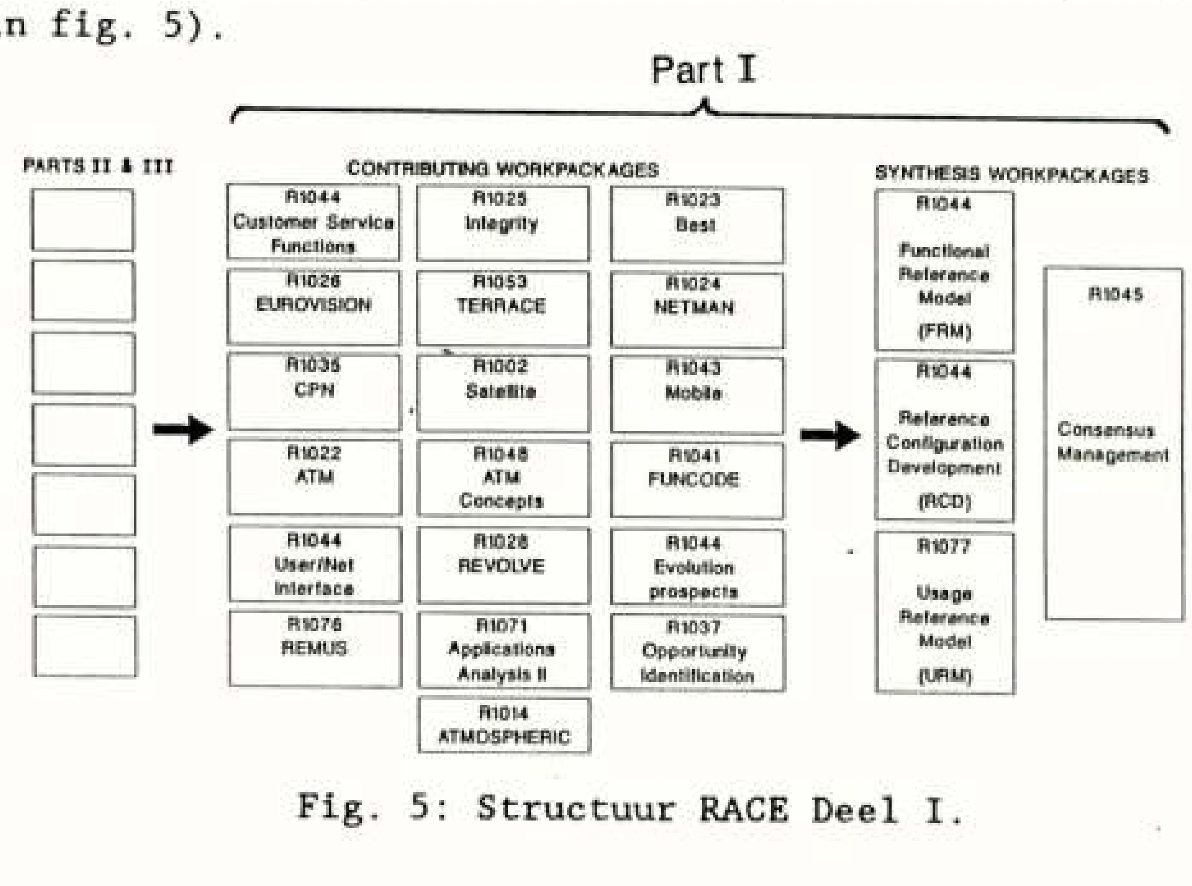


Fig. 5: Structuur RACE Deel I.

In Deel II (zie fig. 2) worden de diverse telecommunicatie technologieën nader onderzocht om te komen tot

waar nodig principiële keuzes. Zo worden voor netwerken (II.1) synchrone en asynchrone technieken onderzocht, evenals circuit- als packet schakelen en hybride mogelijkheden. Voor optische communicatie (II.2) worden optische systemen en componenten, zoals opto-electronics, passieve en geïntegreerde optische componenten, en optisch schakelen bestudeerd.

Naast het onderzoek en de definitie van een infrastructuur voor de programmatuur worden concepten voor AIPP (Advanced Information Processing & Programming, II.3) opgesteld voor netwerk beheer, voor service ten behoeve van de klant en netwerk exploitant (PTT), en voor de gevraagde integriteit van de communicatie ontwikkeld.

Ter ondersteuning van de IBC gebruikersystemen en de hierbij nodige integratie (II.4) zijn projecten opgezet voor signaal bewerking (spraak, data, beeld, geluid, etc.), IBC eindtoestellen, gebruikersnetten (thuis, fabriek, kantoor) en de integratie van Deel II projecten. Deze integratie speelt zich voor een groot deel af aan de uiteinden van het IBC-netwerk, dus bij de eindgebruiker zoals fig. 6 dit goed weergeeft.

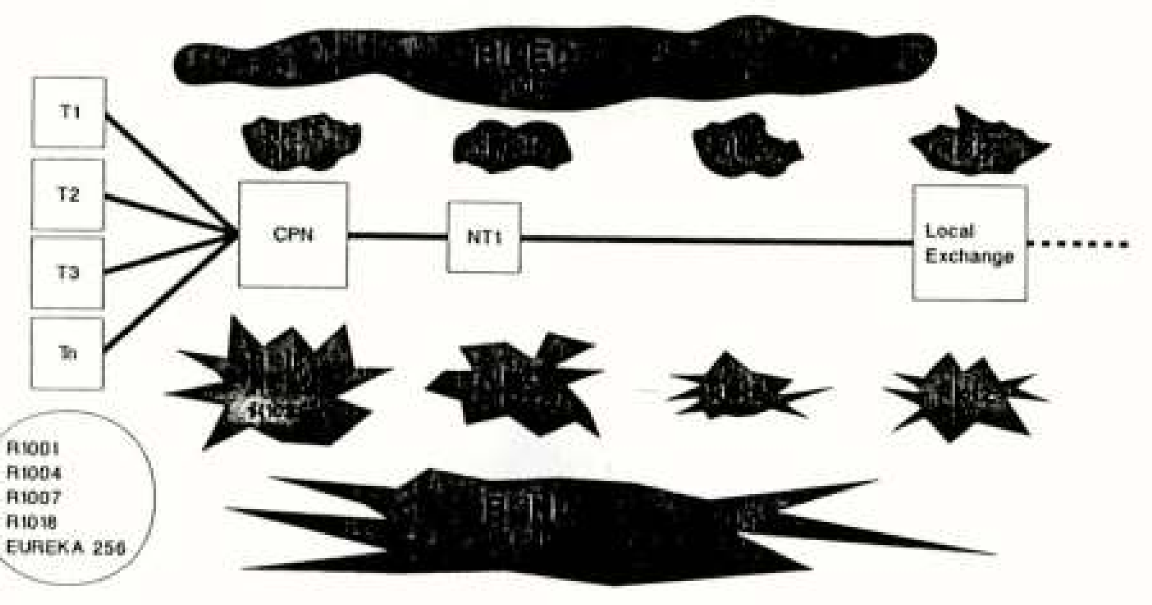


Fig. 6: Voorbeeld Integratie Deel II projecten.

Eveneens moet de vraag worden beantwoord, hoe de eindgebruiker met al die nieuwe diensten omgaat of om kan gaan. Veel hangt af van de gebruikersvriendelijkheid van toegang tot en gebruik van de nieuwe diensten. Hieraan wordt gewerkt in projecten onder "Usability Engineering" (II.5).

De projecten in Deel III zijn gericht op verificatie van de gemaakte systeemkeuzes en -definities, en kunnen aan de hand van toepassingen worden uitgeprobeerd. Speciale aandacht wordt geschonken aan de toetsing van het ontwerp en de prestatie van de diverse sub-systemen, eveneens onder realistische bedrijfsomstandigheden. Het is de bedoeling dat deze activiteiten, die naar alle waarschijnlijkheid verspreid in Europa kunnen plaatsvinden, ondersteund worden door geharmoniseerde telecommunicatie-transport diensten. De toepassingsgebieden ter onderzoek zijn ondermeer:

- Bankwereld en financiën
- Media en uitgevers
- Fabrikage
- Groothandel en distributie
- Gezondheidszorg
- Transport en distributie
- HDTV experimenten en gebruik (High Density TV)

Systeem Benadering

Zoals van oudsher in de telecommunicatie vormen een fundamentele systeemaanpak en systeemconcept de basis van telecommunicatiesystemen en -netwerken. Dit vindt men terug in de opzet van RACE. Het zijn geen individueel onafhankelijke projecten zoals in het ESPRIT-programma, maar passen in een harmonisch en logisch geheel. Projecten, die niet (meer) passen of niet aan het einddoel zullen bijdragen, worden gestopt. Het spreekt vanzelf dat er veel onderlinge afstemming is, zoals met betrekking tot systeemparameters en systeemeisen en uiteraard ook in tijdsplanning. Deel I heeft tot algemene taak deze samenhang tot stand te brengen en in stand te houden. Tevens gebeurt dit in een gezamenlijke operatie, waaraan zoveel mogelijk telecommunicatie organisaties (PTT's, industrie, gebruikers, enz.) uit de EEG meedoen. Uiteindelijk is het de bedoeling dat door deze brede gezamenlijke aanpak de nationale telecommunicatie-onwtikkelingsplannen convergeren naar één gemeenschappelijke Europese strategie.

Centraal hierbij staat project R1044 (IBC Development and Implementation Strategies). Via synthese van de technische resulataten die beschikbaar komen, zorgt dit project voor een algemeen blauwdruk voor de evolutie van de bestaande netwerken naar het toekomstige IBC netwerk.

Tenslotte staat of valt zo'n hele systeembenadering met een aanvaard plan en gezamenlijk geaccepteerde resultaten in de loop van het proces. Normaliter beslist er bij een project de projectleider of de directie, maar in RACE is het van fundamenteel belang dat alle betrokken telecommunicatie belanghebbenden uit de EEG (en haar buren) achter de principiele keuzes staan voor de gemeenschappelijke functionele eigenschappen van de toekomstige IBC infrastructuur en diensten. De leiding van dit proces wordt uitgevoerd door een speciaal project: Consensus Management Organisatie (R1045: CMO).

RACE Industrial Consortium (RIC)

Op verzoek van de Europese Commissie (EC) werd eind 1986 een industrieel telecommuniatie samenwerkingsverband gevormd teneinde gemeenschappelijke taken van het RACE programma te kunnen vervullen. Om aan de logische eis van een brede vertegenwoordiging te voldoen, liep de oprichtingsprocedure via ECTEL, de Europese club van telecommunicatie-fabrikanten, waarvan tenminste de overeenkomstige brancheverenigingen in de EEG lidstaten lid zijn. Ieder land mocht met ten hoogste 3 bedrijven (of bedrijvencombinaties) lid worden. Deze samenwerking kreeg gestalte toen 16 ECTEL industrieën op 23 maart 1987 het protocol tekenden voor een RACE Industrieel Partnership.

Er werd besloten tot het oprichten van een Consortium om als zodanig voorstellen te kunnen indienen voor RACE projecten. Op 26 september 1987 werd het RIC Consortium Agreement getekend, waarbij tevens de naam veranderd werd in RACE Industrial Cosortium: RIC. In juli 1988 waren de formaliteiten rond de RIC statuten met de Belgische overheid afgerond en werd RIC een bedrijf met vestiging in

Brussel: RIC Association Internationale, Rue de Treves 63, B-1040 Brussel. Op dit moment participeren de volgende 16 telecommunicatie fabrikanten in RIC:

Philips	GPT	Telenorma
Siemens	STC	Thomson
Italtel	SAT	Telettra (Esp.)
Alcatel CIT	FACE	Amper
Alcatel Bell T.	SEL	
AT&T NSI	FATME	

Elke RIC partner heeft een vertegenwoordiger in de RIC General Assembly, die 5 directeuren heeft benoemd in de RIC directie. Deze BoD is tevens het Project Management Comité (PMC) voor de RACE projecten R1044 en R1045. De 5 directieleden zijn beschikbaar gesteld door Philips, Siemens, GPT, Alcatel en Itatel.

RIC in RACE

Onder aandrang van de Europese Commissie is er in 1987 overleg geweest tussen RIC en de PTT's, verenigd in CEPT, om de belangrijke CMO-taak (zie fig. 2) in het RACE programma onder gezamenlijke verantwoordelijkheid uit te voeren. Omdat er binnen CEPT geen overeenstemming kon worden bereikt over deelname aan RACE, noch over de vorm van een samenwerking met de industrie (een stroming in CEPT wilde er beslist geen industrie bij anders dan in een zeer ondergeschikte rol), heeft de Europese Commissie RIC verzocht voorstellen in te dienen voor deze en andere coordinerende taken in RACE Deel I en Deel III.

Uiteindelijk werd RIC geaccepteerd als hoofduitvoerder (Prime Contractor) voor de projecten R1044 en R1045. In beide projecten zijn ook PTT's partners.

Project R1045: CMO

De doelstellingen van Project R1045 (zie fig. 5, rechter kolom) zijn:

- Bereiken van overeenstemming over de convergentie van de technische systeemeigenschappen en de hieraan gerelateerde keuzes voor de diverse RACE-projecten.
- Voorbereiding van gemeenschappelijke functionele specificaties (CFS: Common Functional Specifications) voor de coordinatie en het formuleren van bijdragen aan internationale standaardisatie organisaties, zoals ETSI, CCITT en EBU.
- Definitie van standaardoplossingen voor de ontwikkeling en implementatie van IBC, gebaseerd op de resultaten van het RACE programma.
- Interpretatie van gebruikers-eisen met betrekking tot het functioneel referentie model en de referentie configuraties.

Bovendien is Project R1045 verantwoordelijk voor:

a. De tijdsplanning, en de sturing van het RACE programma, opdat dit kan wedijveren met andere wereldwijde telecommunicatie ontwikkelingen.
b. Effectief overleg met de "RACE omgeving", zoals nieuwe plannen, e.d.
c. Organisatie van de activiteiten die tot de zo noodzakelijke consensus moeten leiden.

De plaats van project R1045 in RACE is aangegeven in fig. 7. Het spreekt vanzelf, dat er nauw contact moet zijn tussen het R1045-team en de projecten R1044 (systeem aspecten) en R1077 (gebruikersaspecten). De CMO-organisatie om te komen tot de gevraagde gemeenschappelijke functionele specificaties (CFS) loopt door heel het RACE programma, zoals in fig. 8 is geschetst.

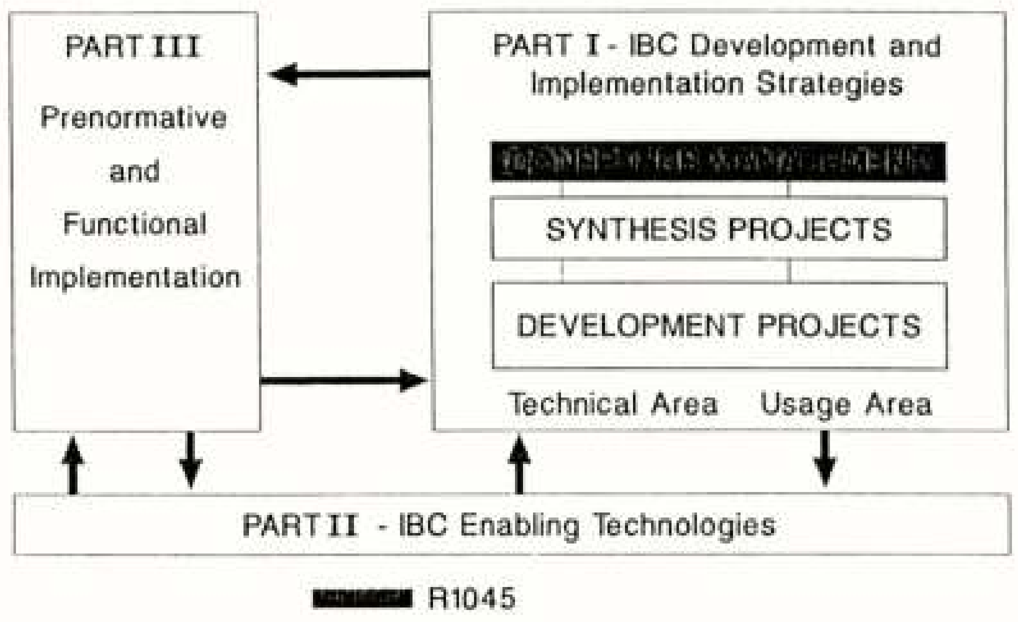


Fig. 7: Plaats Project 1045 in RACE.

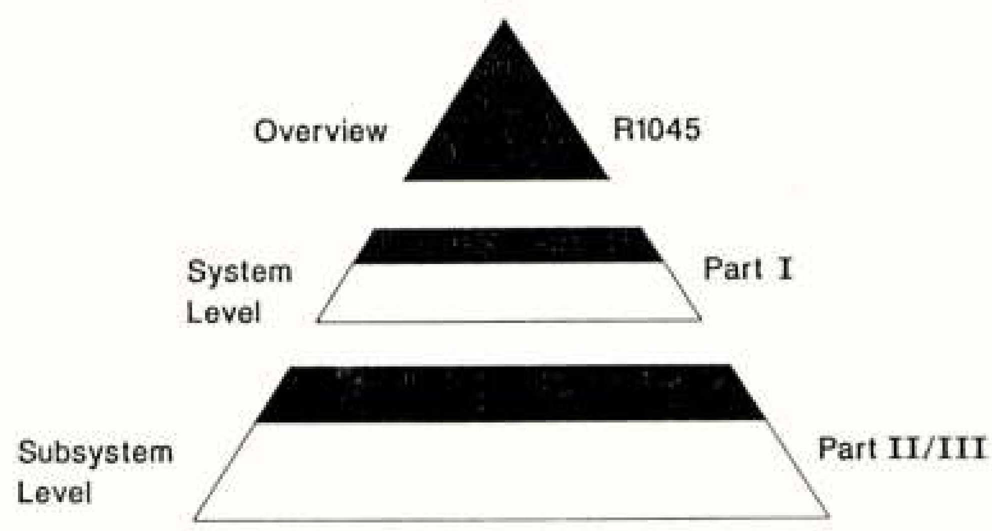


Fig. 8: Interactie CSF op elk niveau in RACE.

Tenslotte is het essentieel dat de in RACE gemaakte systeemafspraken de status van standaarden kunnen krijgen. RACE is echter geen standaardisatie-organisatie, want dat is het domein van ETSI. Wel wordt in heel RACE aan de voorbereiding van noodzakelijk geachte standaarden gewerkt, en is project R1045 belast met de leiding van deze voorbereiding en de juiste koppeling met organisaties als ETSI en CCITT. Hiertoe is er in 1989 een overeenkomst gesloten voor een intensieve samenwerking in dit verband tussen de EC, ETSI en RIC, de Prime Contractor voor de projecten R1044 en R1045.

De gewenste informatiestroom rondom het CMO project is weergegeven in fig. 9, terwijl fig. 10 het schema toont van het CMO proces. De laatste figuur laat tevens zien, hoe alle betrokkenen (en dat zijn er veel) toch op een geordende wijze bij dit proces zijn ingeschakeld. Met name de technische "workshops", die middels inhoudelijke discussies bijdragen tot de gewenste consensus, bieden hiertoe alle gelegenheid.

Project R1045 wordt uitgevoerd door een staf van 13 managers van de telecommunicatie industrie en PTT's, en is gehuisvest in Brussel. De kosten van deze operatie worden gezamelijk door PTT's en industrie gedragen naar rato van geleverde mankracht. Het Project Consortium voor R1045 staat, zoals eerder genoemd, onder leiding van RIC met als overige partners de 16 RIC bedrijven en de PTT's van Belgie (Betelcom), Engeland (BT), Duitsland (DBP), Zwitserland (Swiss PTT) en Zweden (Televerket).
Algemeen directeur van dit project is J.A. Barrett, lid RIC BoD.

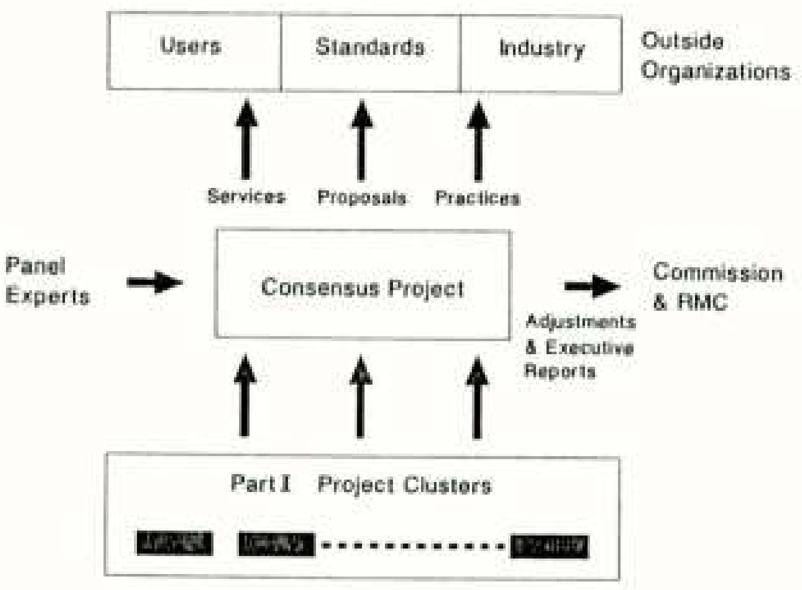


Fig. 9: Informatiestroom rondom CMO-project.

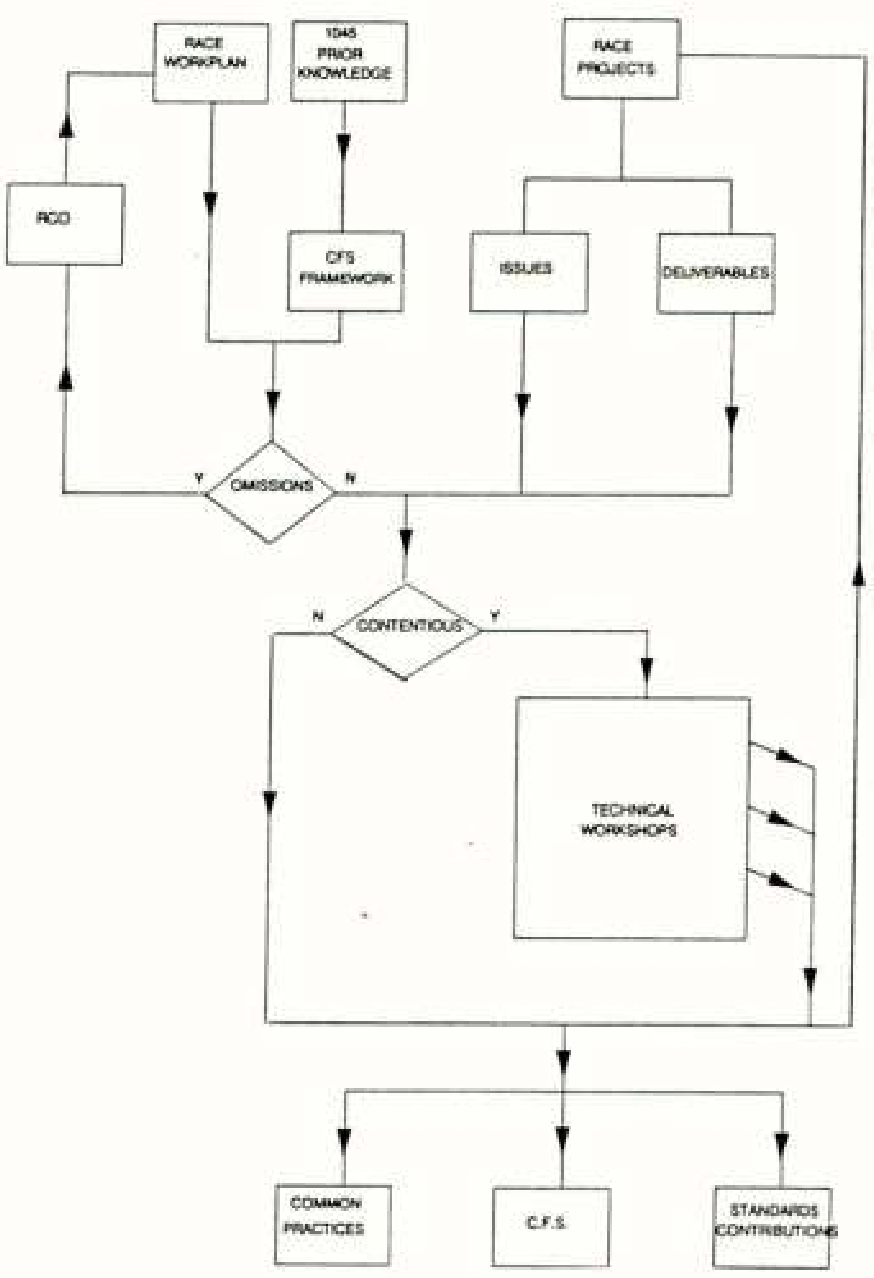


Fig. 10: Schema CMO-proces.

Project R1044

De titel van Project R1044: "IBCN Development en Implementation Strategies" is nagenoeg gelijk aan die voor geheel Deel I van RACE vanwege de hoofdrol die R1044 speelt in dit deel. Van de drie belangrijkste taakgroepen worden er twee door R1044 uitgevoerd: Functional Reference Model (FRM) en Reference Configurations Development (RCD). Bovendien maken drie van de meest belangrijke ondersteunende taken: Customer Service Functions (CSF), User/Network Interface (UNI) en Evolution Prospects and Functions (EPF) ook deel uit van de taak van R1044. (Zie fig. 11).

FUNCTIONAL ANALYSIS • Identification of functions • Establishment of a functional architecture	FRM & CSF
SYSTEM SPECIFICATION • Functional grouping and Reference points identification • Indentification of Network architectures and implementation	RCD & UNI
NETWORK PLANNING • System analysis for costing • Network planning - System evolution strategies - Introduction strategies	EPF

Fig. 11: Hoofdtaken Project R1044.

Vanwege deze hoofdrol doen 48 organisaties mee aan dit project: 37 telecommunicatie industrieen (EEG: 34; EVA: 3) en 11 PTT's (EEG: 8; EVA: 3). Ook voor dit project is RIC de Prime Contractor. Het project management is opgedragen aan een projectleider, die administratief wordt ondersteund door een zgn "deliverables manager" om de resultaten van de 5 werkgroepen (eigenlijk van heel RACE Deel I) te kunnen verwerken. Fig. 12 toont het management organigram. De projectleider, de deliverables manager en de beide managers van de taakgroepen voor FRM en RCD maken deel uit van het permanente RIC-kantoor in Brussel, waardoor een optimale koppeling met onder andere project R1045 is gewaarborgd.

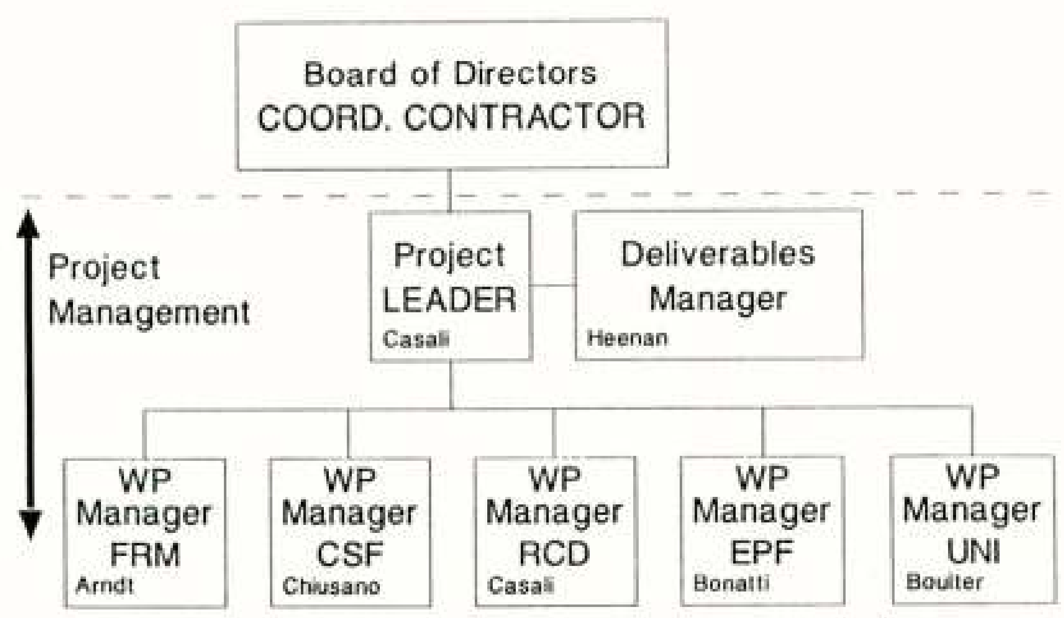


Fig. 12: Technical Management Project R1044.

Slotopmerking

De samenwerking op systeemniveau tussen industrie en PTT's blijkt zeer succesvol en uiterst nuttig. Het is daarom vanzelfsprekend dat er voor het vervolg van RACE (na 1992) eenzelfde samenwerking wordt nagestreefd, terwijl wederom wordt gedacht aan het dragen van een gezamelijke project en programma-verantwoordelijkheid. Een adviescollege van de Europese Commissie, de Requirements Board "Telecom 2000", bestaande uit vertegenwoordigers van overheden, industrie en PTT's, heeft zich unaniem hiervoor uitgesproken.

Bijlage 1: Overzicht RACE Projecten

I IBC Development and Implementation Strategy

R1002 Satellite Communication for IBC
R1014 ATMOSPHERIC
R1022 Technology for ATD
R1023 A methodological approach for IBC System requirements and Specifications
R1024 NETMAN - Functional Specifications for IBC Telecommunications Network Management
R1025 Functional Specif. of Security and Privacy in IBC
R1026 International Transmission Digital TV and Radio
R1028 Regional Evolution Planning Project
R1035 CPN - Customer Premises Network
R1037 User Criteria for IBC opportunities
R1041 Functional Specifications for Codecs
R1043 Mobile Technology
R1044 IBC Development and Implementation Strategies
R1045 Consensus Management
R1049 ATM Concept
R1050 IBC Applications Analysis
R1053 TERRACE-TMN Evolution of Ref. Configur. for RACE
R1071 IBC Applications Analysis (Phase 2)
R1076 REMUS - Ref. Models for Usability Specifications
R1077 Usage Reference Model for IBC

II IBC Technologies

II.1 Network & Switching

R1002 Satellite Communication for IBCN
R1012 Broadbank Local Network Technology
R1013 HDTV - Switching
R1014 ATMOSPHERIC (STM/ATM)
R1022 Technology for ATD
R1043 Mobile Communication

II.2 Optical Communications

System Projects

R1010 Subscriber Coherent Multi-channel System
R1011 IBC Business CPN
R1012 Broadband Local Network Technology
R1015 Domestic Customer Premises Network
R1030 ACCESS Advanced Customer Connection, an Evolutionary Systems Strategy
R1036 WDTM Broadband CPN
R1051 Multigigabit Transm. in the IBC Subsriber Loop

Optoelectronic & Passive Optical Components

R1008 Silicon-Based Low-cost Passive Optical Components
R1027 Integr. Optoel. towards Coherent Multichannel IBCN
R1029 Development of Improved InP Substrate Material for Optoelectronic Device Production
R1031 Low Cost Optoelectronic Components
R1057 AQUA - Adv. Quantum Well Lasers and Detector-fed Front Ends for Multigigabit Transmission Systems
R1069 EPLOT - Enhanced Perform. Lasers for Opt. Transm.
R1089 LOOP - Low-cost Optimized Opt. Passive Components

Optical Switches

R1019 Polymeric Optical Switching
R1020 All Optical Switching and Bistable Devices based on Semiconducting Polymers
R1033 OSCAR - Optical Switching Systems, Components and Applications Research

Integrated Optics

R1064 MIOCA - Monolytic Integrated Optics for Customer Access Applications

II.3 Advanced Information Processing & Programming

AIP for Network Management

R1003 GUIDELINE - AIP and standards for TMN
R1005 NEMESYS - Traffic and QOS Management for IBCN
R1006 AIM - AIP Applications to IBCN Maintenance
R1009 ADVANCE - Network and Customer Administr. Systems

AIP for Customer Service Function

R1068 ROSA - RACE Open Services Architecture

AIP for Integrity Mechanism

R1040 RIPE - RACE Integrity Primitives Evaluation
R1047 TIMI - Techniques for Integrity Mechanism in IBCN

Programming Infrastructure

R1017 IOLE - IBC On-Line Environment
R1021 ARISA- A Re-usability Infrastr. for SW Engineering
R1046 SPECS - Specification and Programming Environment for Communications

II.4 IBC Customer Systems and Integration

Customer Premises Networks

R1011 IBC Business CPN
R1015 Domestic CPN
R1036 Wavelength and TDM Broadband CPN
R1052 Signal Processing for Optical and Cordless Transmission (SPOT)

Integration of Part II Projects

R1056 BIPED - Broadband Integr. Project & Demonstration
R1081 BUNI - Broadband User - Network Interface

Signal Processing

R1018 HIVITS - High Quality Videotelephone and (HD) TV

Terminals

R1001 DVT - Digital Video Tape Recording for HDTV
R1004 EL-FPD - Electro-luminescent Flat Panel Display for Terminal Applications
R1007 ITIS - IBC Terminal for Interactive Services

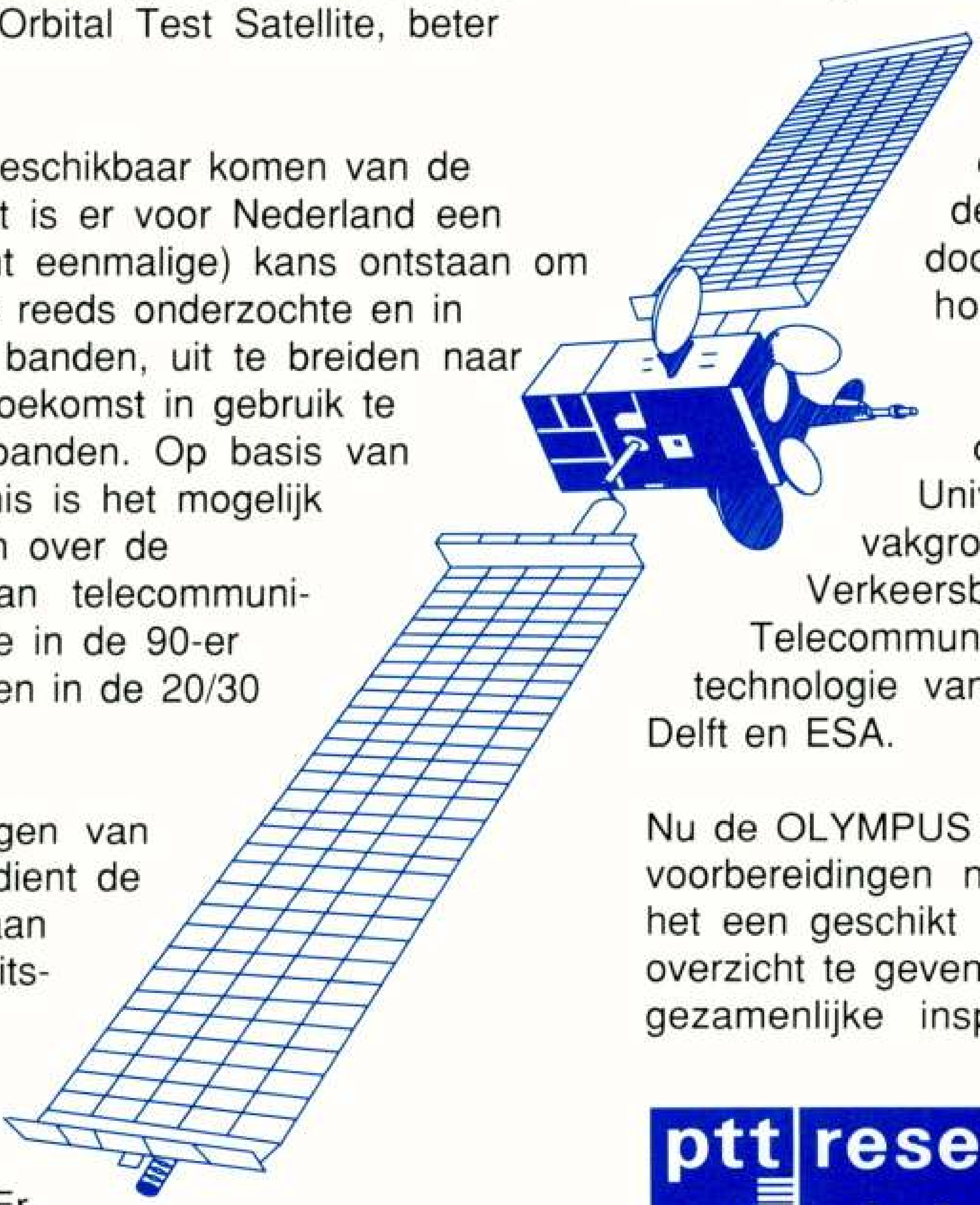
II.5 Usability Engineering

R1034 Usability Engineering Requirements for IBC
R1038 MCPR - Multimedia Communication, Processing and Representation
R1065 ISSUE -IBCN Systems and Services Usab. Engineering
R1066 IPSNI -Integr. of People with Special Needs by IBC
R1067 GUIDANCE - Usability Design Informtion Support for the Integration of IBC Services
R1088 TUDOR - Usab. Issues for People with Special Needs

Nederlandse Propagatie-experimenten in de 12, 20 en 30 GHz band met de OLYMPUS-satelliet.

In het verleden is veel inzicht verkregen in de inzetbaarheid van satelliet-telecommunicatiesystemen in de 11/14-GHz band. Dit inzicht is ontstaan mede op basis van onderzoek van PTT Research en de Technische Universiteit Eindhoven naar de propagatie-eigenschappen bij de genoemde frequentiebanden. Bij een dergelijk propagatie-onderzoek is de beschikbaarheid van een satelliet die is uitgerust met zeer nauwkeurig gedefinieerde propagatiebakens, onontbeerlijk. Voor het genoemde onderzoek werd gebruik gemaakt van de door ESA ontwikkelde Orbital Test Satellite, beter bekend als OTS.

Met het in 1989 beschikbaar komen van de OLYMPUS-satelliet is er voor Nederland een unieke (en wellicht eenmalige) kans ontstaan om de kennis over de reeds onderzochte en in gebruik genomen banden, uit te breiden naar hogere en in de toekomst in gebruik te nemen frequentiebanden. Op basis van deze nieuwe kennis is het mogelijk uitspraken te doen over de toepasbaarheid van telecommunicatie-satellieten die in de 90-er jaren gaan opereren in de 20/30 GHz-band.



Voor onderzoekingen van het juiste niveau dient de meetapparatuur aan zeer hoge kwaliteitseisen te voldoen. Bovendien zijn langdurige metingen zeer arbeidsintensief. Er zijn dus hoge kosten aan dit onderzoek verbonden. Om met de in Nederland relatief geringe beschikbare radiopropagatieonderzoekscapaciteit zo zorgvuldig mogelijk om te gaan, hebben PTT Research en de Technische Universiteiten van Delft en Eindhoven een aantal jaren geleden besloten de handen ineen te slaan en hebben daardoor, mede ondersteund door de Stichting Technische Wetenschappen, een gecoördineerd programma opgesteld, waarin de taken en onderzoeks-doelstellingen duidelijk zijn verdeeld. Het Nederlandse programma maakt op zijn beurt een (niet onbelangrijk) deel uit van een gezamenlijke Europese inspanning om het gebruik van millimetergolven voor plaatsbepaling, tele-observatie en telecommunicatie te verkennen.

Voordat het daadwerkelijke onderzoek van start kan gaan, moeten de meetinrichtingen (bakenontvangers) en ondersteunende meetapparatuur (regenmeters, radiometers, radar, data-acquisitie) veelal in eigen beheer worden ontworpen en ontwikkeld, omdat dergelijke apparatuur niet commercieel verkrijgbaar is. Om de afstemming te structureren en de uitwisseling van ideeën en ervaringen te stimuleren werd de NCOP (Nederlandse Coördinatie van OLYMPUS Propagatie-experimenten) opgericht. Aan de NCOP wordt deelgenomen door vertegenwoordigers van de hoofdafdeling Radiocommunicatie en EMC van PTT Research, de vakgroep Telecommunicatie van de Technische Universiteit Eindhoven, de vakgroepen Telecommunicatie- en Verkeersbegeleidingssystemen en Telecommunicatie en Teleobservatietechnologie van de Technische Universiteit Delft en ESA.

Nu de OLYMPUS ter beschikking staat en de voorbereidingen nagenoeg zijn afgegrond, lijkt het een geschikt moment om in vogelvlucht een overzicht te geven van het resultaat van deze gezamenlijke inspanning.

ptt research

Neher Laboratorium

TU Delft

Technische Universiteit Delft

tu

Technische Universiteit Eindhoven

Het 12/30 GHz Site Diversity experiment (Leidschendam-Delft) PTT Research Neher Laboratorium

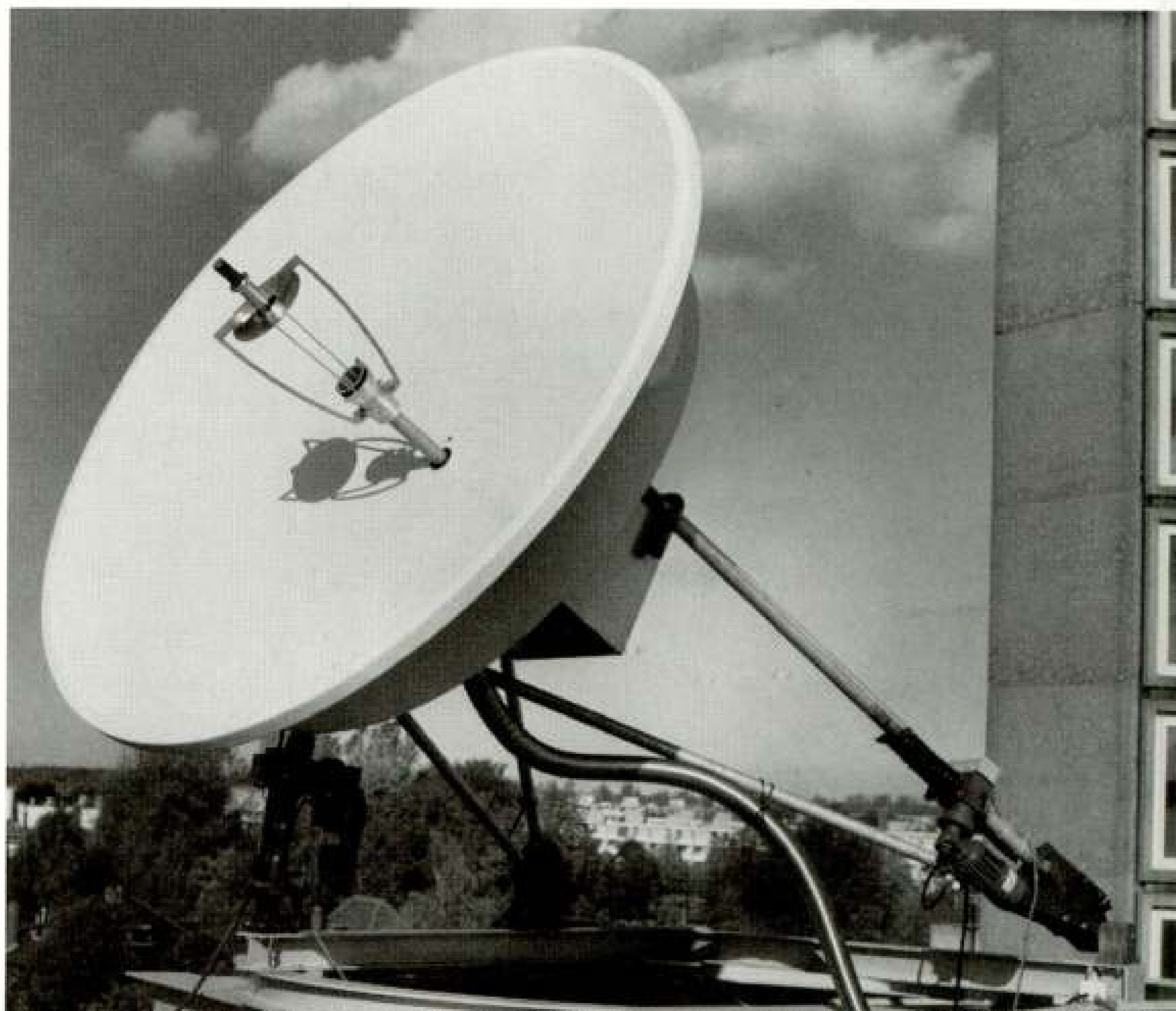
Grondstations die worden ingezet voor het realiseren van een satellietverbinding zijn kostbaar. Omdat de exploitant een gegarandeerde beschikbaarheid van de telecommunicatiedienst of -verbinding aan de gebruiker dient te leveren, moet het grondstation aan door de exploitant gestelde eisen voldoen. Deze eisen zijn bepalend voor de complexiteit en daarmee voor de kosten die gemoeid zijn met de aanschaf en het onderhoud van het grondstation. Aangezien zowel de gebruiker als de exploitant ermee gebaat is dat de dienst zo goedkoop mogelijk wordt aangeboden, zal de exploitant met name geïnteresseerd zijn om de kosten gemoeid met de aanschaf en onderhoud van het grondstation, zoveel mogelijk te beperken. Een methode die een eventuele kostenbeperking met zich mee kan brengen betreft de zogenaamde "Site Diversity" waarbij gebruik wordt gemaakt van twee of meerdere relatief kleine (en dus goedkope) grondstations die op een zekere afstand van elkaar zijn opgesteld.

Kenmerkend bij de hogere frequenties is de sterke invloed van de meteorologische omstandigheden op de propagatie van radiogolven. Om bij deze frequenties een voldoende betrouwbare satellietverbinding te kunnen realiseren zullen maatregelen moeten worden getroffen om de gevolgen van demping ("fading") -die met name ten gevolge van regen optreedt- op te vangen. Vanwege het locale karakter van regenbuien doet zich niet overal en op hetzelfde moment sterke demping op het satelliet-pad voor. Door nu meerdere kleinere grondstations (die opgesteld worden op voldoende onderlinge afstand) op een intelligente manier met elkaar te verbinden (Site Diversity), kan een communicatieverbinding worden gerealiseerd met een beschikbaarheid die groter dan of gelijk is aan de beschikbaarheid welke gerealiseerd wordt met één groter (en dus duurder) grondstation. Een bijkomend voordeel van een dergelijk diversity-systeem is dat tijdens perioden van het ontbreken van fading, of fading die het systeem kan opvangen er, sprake is van een extra traject.
Het is duidelijk dat de "winst" die verkregen kan worden door toepassing van Site Diversity afhankelijk is van de mate van (afstands-afhankelijke) decorrelatie van diepe fadingen die optreden bij de twee grondstations.

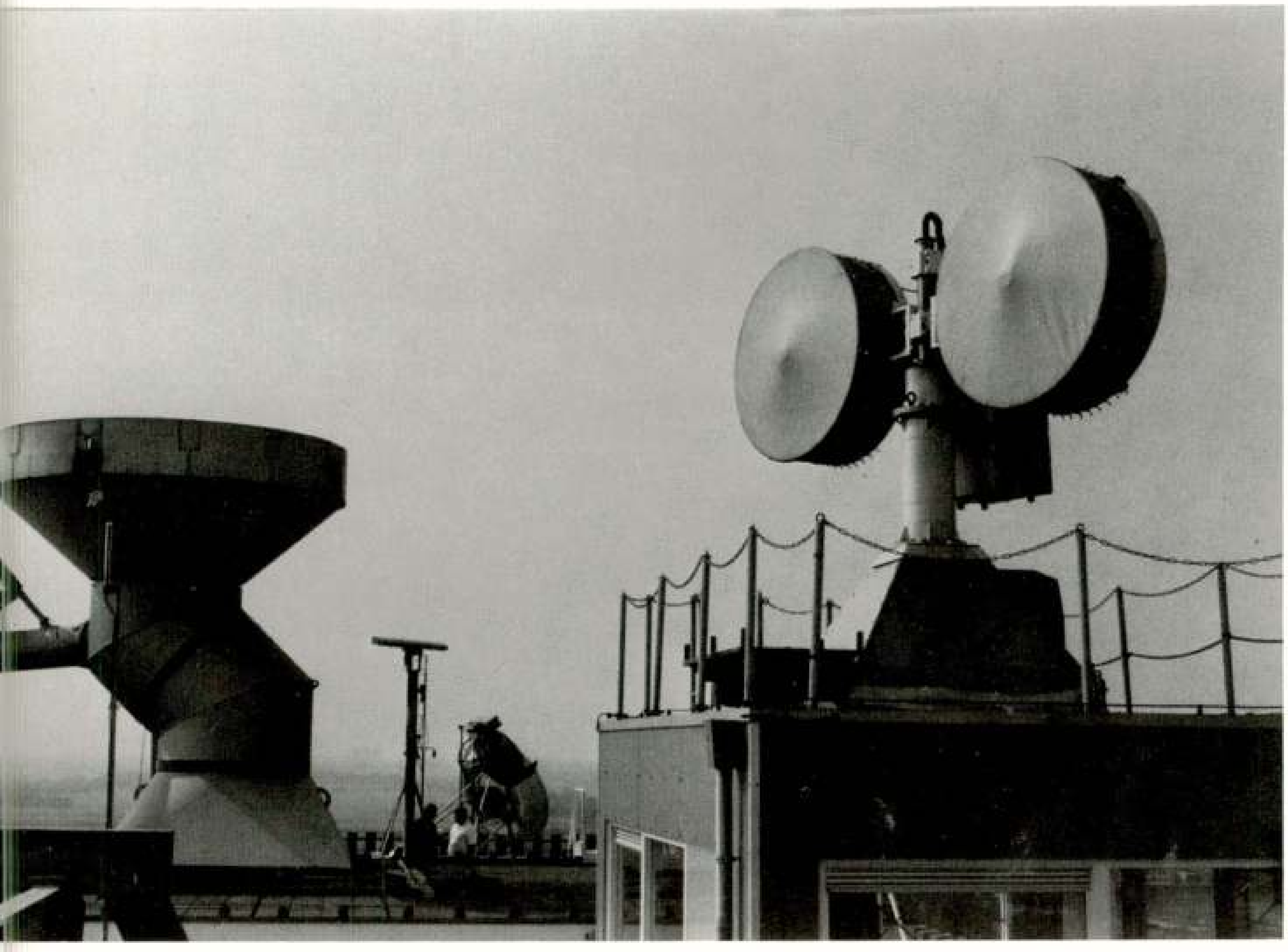
Propagatiegegevens op dit gebied zijn voor Europa momenteel nog niet voorhanden. PTT Research beoogt met het Site Diversity onderzoek gegevens te verzamelen en daarmee inzicht te verkrijgen in het bovengeschetste verschijnsel. Met deze kennis is het voor de exploitant van het telecommunicatienetwerk mogelijk een diversity-systeem optimaal te ontwerpen en in te zetten.

Het experiment wordt uitgevoerd met twee bij PTT Research ontwikkelde grondstations die geplaatst zijn in Leidschendam (bij het Neher Laboratorium) en in Delft (bij de Technische Universiteit Delft). De afstand bedraagt 13 kilometer. De grondstations zijn beide uitgerust met schotelantennes met een diameter van 240 cm en ontvangers voor respectievelijk 12 GHz en 30 GHz met een zeer groot dynamisch bereik om ook tijdens diepe fading te kunnen blijven meten.

De meetsignalen (Copolar, Crosspolar, fase) evenals informatie omtrent regenintensiteit en atmosferische ruis in Delft en Leidschendam worden via een netwerk getransporteerd naar een data-acquisitiesysteem dat op het Neher Laboratorium is opgesteld. De antennes worden voortdurend op de OLYMPUS gericht met behulp van een door PTT Research ontwikkeld antenne-besturingssysteem (regressie-steptrack) dat opvalt door zijn eenvoud. Omdat de metingen gedurende een periode van 2 jaren continu zullen worden uitgevoerd, zijn hoge eisen gesteld aan gevoeligheid, stabiliteit, betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid van de bakenontvangers.



Propagatie-onderzoek met behulp van DARR en Solidar Technische Universiteit Delft



DARR en Solidar zijn gerealiseerd in de projectgroep "RADAR" van TU-Delft.

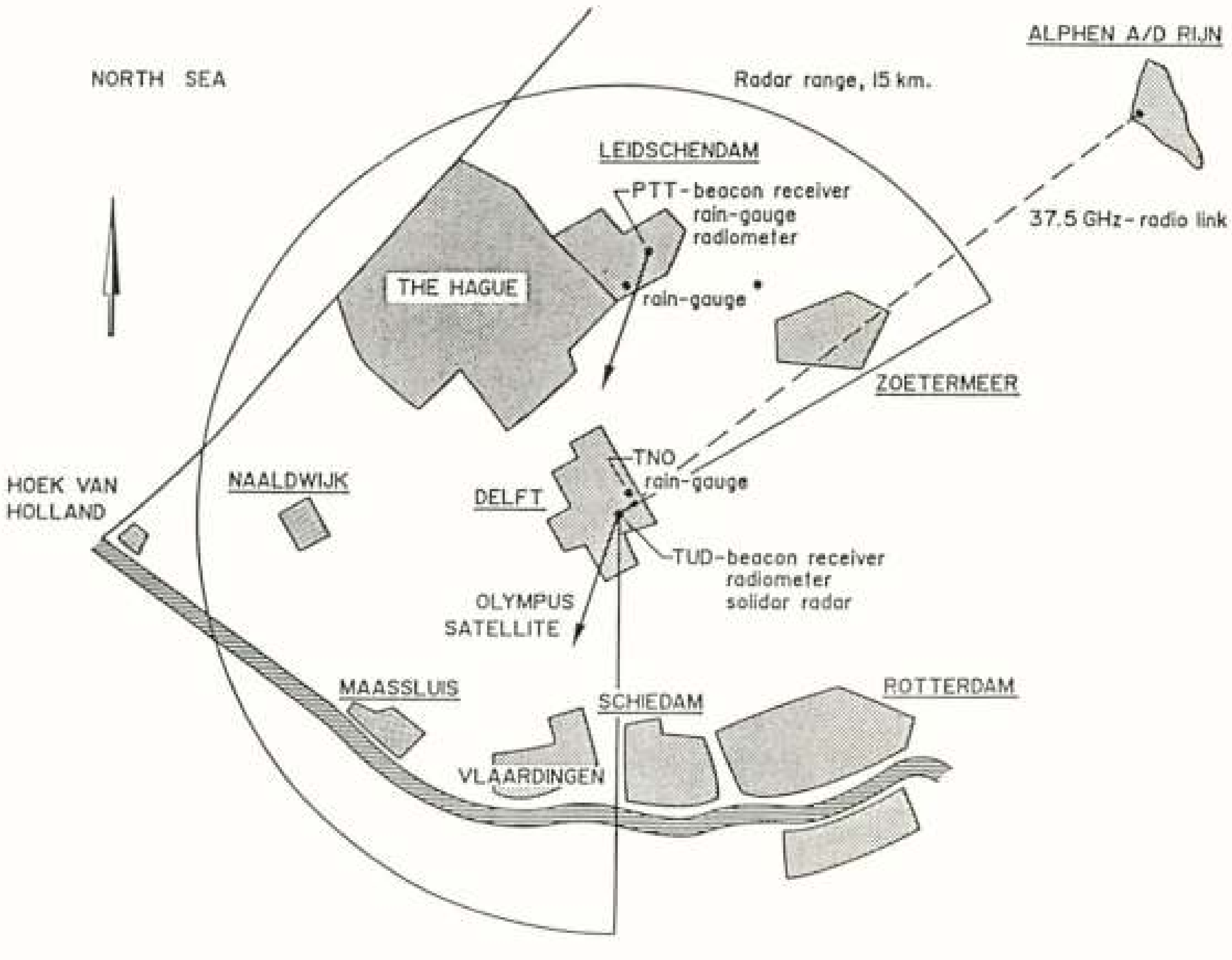
Onderzoeksterreinen van deze projectgroep betreffen:
- signaaldetectie & codering,
- matched filtering,
- resolutie & nauwkeurigheid,
- Doppler & polarimetrie,
- dubbelzinnigheden,
- signatuur,
- "real-time" signaalbewerking, visualisering,
- componenten, antennes,
- subsystemen,
- radartoepassingen.

Door de TU-Delft, vakgroepen Telecommunicatie- en Verkeersbegeleidingssystemen en Telecommunicatie- en Teleobservatietechnologie wordt in samenwerking met PTT Research deelgenomen aan het "Site Diversity" project. Dit project is onderdeel van het Nederlandse Olympus propagatie-onderzoek. In het project moet onder meer worden onderzocht in welke mate neerslag, zoals regen, hinder veroorzaakt op satellietverbindingen in de 12, 20 en 30 GHz banden. Door toepassing van meer dan één grondstation (Site Diversity) kan de hinder verminderd worden. Onderzocht dient te worden op welke afstand de grondstations geplaatst moeten worden.

Het Site Diversity project maakt hiervoor o.a. gebruik van de Delft Atmospheric Research Radar DARR en van de Delft Solid State rondzoekradar Solidar, beide gebaseerd op het FM-CW principe. Met DARR worden Doppler-polarisatiemetingen verricht aan hydrometeoren (regen, sneeuw, hagel, etc.) die zich bevinden op het Delft-Olympus satellietpad. Met de rondzoekradar kan door het verrichten van reflectiviteitsmetingen onderzoek gedaan worden aan regenbuien.

Activiteiten zijn geconcentreerd op:
- radarpropagatie-onderzoek,
- solid state radarsystemen,
- radarverkeersbegeleidingssystemen,
- air-borne radar,
- integratie van communicatie in radarsystemen.

De nu operationele DARR en Solidar en de inzet van beide radars in het propagatie-onderzoek staan in het Delftse Olympus-onderzoeksprogramma centraal.



Propagatiebaken-metingen met de Olympus-satelliet Technische Universiteit Eindhoven

Het gebruik van satellieten voor telecommunicatie neemt gestadig toe. Veelal wordt een satellietkanaal van 36 MHz gebruikt als standaardmaat om het gebruik van het spectrum aan te geven. Momenteel (1990) zijn ongeveer 3000 van deze "kanalen" in gebruik; verwacht wordt dat dit in het jaar 2000 tot ca. 10.000 is toegenomen. Het is daarom noodzakelijk om de beschikbare frequentieruimte flink uit te breiden. Met name "nieuwe" frequentiebanden dienen op hun bruikbaarheid onderzocht te worden. De Olympus-satelliet zendt bakensignalen uit op 12.5, 20 en 30 GHz. Dit geeft de mogelijkheid om de radiokanalen in de 20/30 GHz frequentiebanden te onderzoeken, waarbij de vergelijkende metingen in de "oude" 12 GHz band de verbindende schakel zijn met reeds aanwezige kennis op dit gebied.

In het volgende worden de specifieke doelstellingen van het TUE Olympus-project, zoals dat wordt uitgevoerd door de vakgroep Telecommunicatie van de faculteit Electrotechniek TU Eindhoven, nader genoemd.

- Hoofddoelstelling: Radiopropagatie-onderzoek in de frequentiebanden 12/20/30 GHz met de Olympus-satelliet.
- Het uitvoeren van radiometingen, met als centraal kenmerk dat alle signaalparameters (amplitude en fase; copolair en crosspolair) gedurende lange tijd continu worden gemeten en geregistreerd (zie tabel 1)
- Ondersteunende metingen, met name ruismetingen op 12/20/30 GHz met een multi-frequentie-radiometer.
- Meteorologische metingen zoals regenintensiteitsmetingen en metingen van temperatuur, druk en vochtigheid ten behoeve van de bepaling van de brekingsindex.
- Windsnelheids- en windrichtingsmetingen ten behoeve van het onderzoek van het dynamisch gedrag van de atmosferische overdracht (scintillatie en snelle dempingsveranderingen).
- Het ontwikkelen in eigen beheer van een installatie voor al deze metingen; dit impliceert het ontwerpen van antennes en ontvangers voor grondstation en radiometer; de bouw van een meteorologisch station; het ontwikkelen van een data-acquisitie-systeem.

Tabel 2 geeft een opsomming van de velden van onderzoek in het TUE project.

Radiometingen:

Hoofdpolarisatie Kruispolarisatie Relatieve fase Ruistemperatuur Scintillatie	12.5/20/30 GHz

Meteorologische metingen:

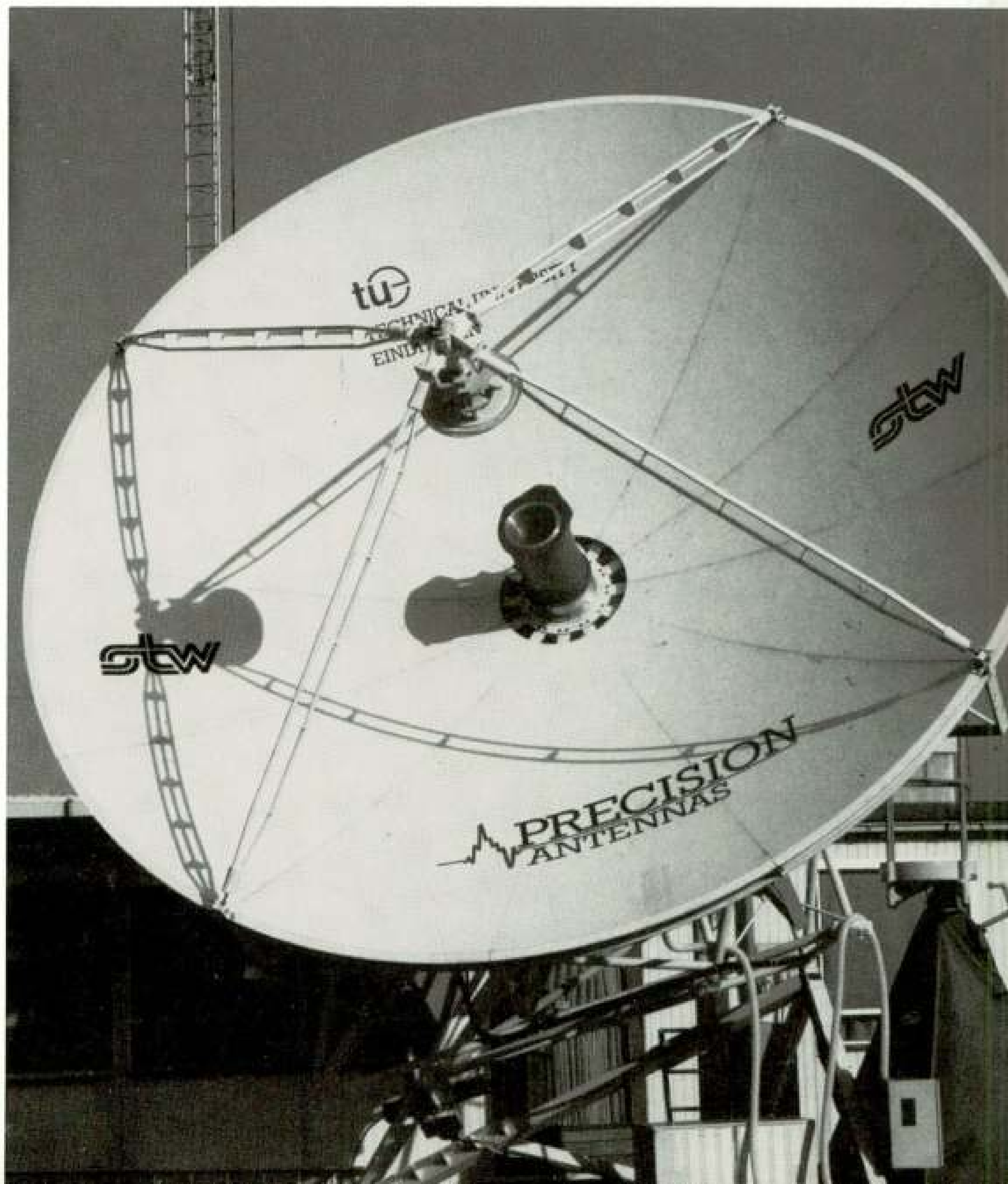
- p, T, e (waterdamp)
- R (regen), W/V (windrichting/snelheid)

Antennepositie: azimut/elevatie/volgfouten
Totaal ca 30 parameters; bemonstering tot 100 monsters per seconde

Tabel 1: *Te meten grootheden TUE Olympus project*

- Lange termijn statistieken; histogrammen; cumulatieve verdelingen
- Gebeurtenis analyse (gedrag en tijdsduur)
- Correlatie-analyse; spectra; scintillatie-onderzoek
- Analyse van de (complexe) overdrachtsmatrix
- Atmosferische modellering (temperatuur, verstrooiing)
- Regenmodellen (samenstelling, grootte, translatie-snelheid)
- Compensatie van kruispolarisatie
- Vermogensregeling in "uplink" van grondstations
- Diversity over korte afstand (1000 m)

Tabel 2: *Velden van onderzoek TUE Olympus project*



III Prenormative Functional Requirements

III.1 Verification Tools

R1092	DIRAC - Database for Reliability Calculations
R1072	ITACA - IBCN Testing Archit. for Conf. Assessment
R1082	QOSMIC - Qos Verification Methodology and Tools for Integrated Communications
R1083	PARASOL - ATM Specific Measurment Equipment
R1084	MIME - Development of Emulators and Simulators
R1087	PROVE - Provision of Verification

III.2 Application Pilots

R1039	DIMUN - Distributed International Manufacturing Using Existing and Developing Public Networks
R1042	MULTIMED - Demonstration of Functional Service Integration in Support of Prof. User Groups
R1054	APPSN - Appl. Pilot for People with Special Needs
R1055	MERCHANT - Methods in Electronic Retail Cash Handling using advanced Network Technologies
R1058	RESAM - Remote Expert Supp. for Aircraft Mainten.
R1059	DIVIDEND
R1060	DIDAMES - Distributed Industrial Design and Manufacturing of Electronic Subassemblies
R1061	DIMPE - Distributed Integrated Multimedia Publishing Environment
R1062	MARIN ABC
R1063	Mobile Applications Pilot Schemes
R1070	Testing Pay-per-View in Europe
R1073	GEOTEL
R1074	ECHO Electronic Case Handling in Offices
R1075	TELEPUBLISHING
R1078	European Museums Network
R1079	CAR CAD/CAM for Automotive Industry in RACE
R1080	HDTV Experimental Usage
R1086	TELEMED
R1091	ESP - EBIT Service Project

Bijlage 2: Gebruikte Acronymen

A.I.	Association Internationale
AIPP	Advanced Information Processing and Programming
BIPED	Broadband Integration Project and Demostration
BoD	Board of Directors
BT	British Telecom
BUNI	Broadband User/Network Interface (R1081)
CCITT	International Telegraphy and Telephony Consultative Committee
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CFS	Common Functional Specification
CMO	Consensus Management Organization
CPN	Customer Premises Network
CSF	Customer Service Function
DBP	Deutsche Bundes Post
EBU	European Broadcasting Union
EC	Europese Commissie
ECTEL	European Conference of Telecommunication and Electronic Industries
ECU	European Currency Unit
EEC	European Economic Community
EEG	Europese Economische Gemeenschap
EPF	Evolution Prospects and Functions
ESPRIT	European Strategic Programme for R&D in Information Technology
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
EVA	Europese Vrijhandels Associatie
FRM	Functional Reference Model
IBC	Integrated Broadband Communication
IBCN	IBC Network
ISDN	Integrated Services Digital Network
MECU	ECU x 10(6)
PMC	Project Management Committee
RACE	Research into Advanced Communications Technologies in Europe
RBT2000	Requirements Board "Telecom 2000"
RCD	Reference Configurations Development
RCO	RACE Central Office (EC DG XIII/F)
RIC	RACE Industrial Consortium
RMC	RACE Management Committee
R&D	Research and Development
UNI	User/Network Interface

Voordracht gehouden tijdens de 375e werkvergadering.



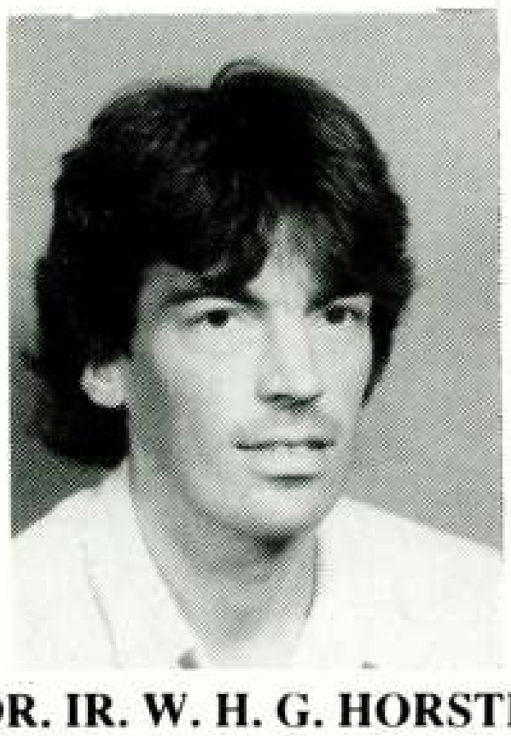
IR. J. VAN EGMOND



IR. J. NOORDANUS



IR. F. VAN DEN DOOL



DR. IR. W. H. G. HORSTHUIS

NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
(375e werkvergadering)
IEEE BENELUX SECTIE
AFDELING TELECOMMUNICATIE KIVI
ACOUSTICAL ENGINEERING SOCIETY

UITNODIGING

voor de lezingendag op **woensdag 24 januari 1990** in **zaal B van het** gebouw voor **Elektrotechniek van de Technische Universiteit Delft, Mekelweg 4.**

THEMA:
RACE (R&D in Advanced Communications in Europe).
Enkele technische hoogtepunten uit het RACE Programma, gepresenteerd door Nederlandse deelnemers.

PROGRAMMA:

09.30 uur:	Ontvangst en koffie.
10.00 uur:	**IR. J. VAN EGMOND,** (Philips International B.V., Hilversum); "Het RACE Programma".
10.30 uur:	**IR. J. NOORDANUS,** (AT&T NSI, Hilversum; RIC, Brussel); "Consensus Management Organization" (Project 1045).
10.45 uur:	Prof.Ir.G.D. Khoe, (Philips Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven); "Glasvezel naar de Abonnee?" (Project 1010).
11.30 uur:	Koffie.
12.00 uur:	**IR. F. VAN DEN DOOL,** (PTT Research Neher Laboratorium, Leidschendam); "Asynchronous Transfer Mode" (Project 1022).
13.00 uur:	Lunch.
14.30 uur:	**DR. IR. W. H. G. HORSTHUIS**, (AKZO Research Laboratorium Arnhem); "Niet-Lineaire Polymeren voor Optisch Schakelen" (Project 1019).
15.15 uur:	Thee.
15.45 uur:	**IR. A. C. KERKHOF,** (PTT Research Neher Laboratorium, Leidschendam); "Mobiele Telecommunicatie in RACE" (Project 1043).

Aanmelding voor de lezingendag dient te geschieden **vóór 16 januari** d.m.v. de aangehechte kaart gefrankeerd met 55 cent. Lunch reservering vindt slechts plaats indien vóór 16 januari een bedrag van *f* 10,-- is ontvangen op postrekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam, onder vermelding van "375 - RACE".
Leden van NERG, IEEE, KIVI en AES en studenten hebben gratis toegang tot de lezingen. Tevens kunnen studenten de helft van de vervoerskosten door het NERG vergoed krijgen (openbaar vervoer - 2e klas - of anders, mits goedkoper).
NIET-LEDEN BETALEN EEN ENTREE-PRIJS VAN *f* 15,--. Deelnemers dienen de uitnodigingskaart mee te nemen en op verzoek te tonen bij de toegang tot het gebouw.

Namens de samenwerkende verenigingen,
IR. N. H. G. BAKEN, NERG.
070 - 343 64 82

Leidschendam, december 1989.

Consensus Management Organisatie

Project 1045 van **RACE**

Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe

Ir. J. Noordanus

AT&T-NSI Hilversum / RIC-CMO Brussel

Consensus Management Organization, RACE project 1045. The European Telecommunication Industries established the RACE INDUSTRIAL CONSORTIUM (RIC) in 1987 to be prime contractor for the consensus management of the RACE project, launched by the European Community. In this paper first the reasons are given why consensus management is needed, followed by a description of the institutional organization. Next the goals of the CMO are identified together with the methods to establish consensus. The role of the Common Functional Specifications in this process is indicated and their use as pre-standardization documents.

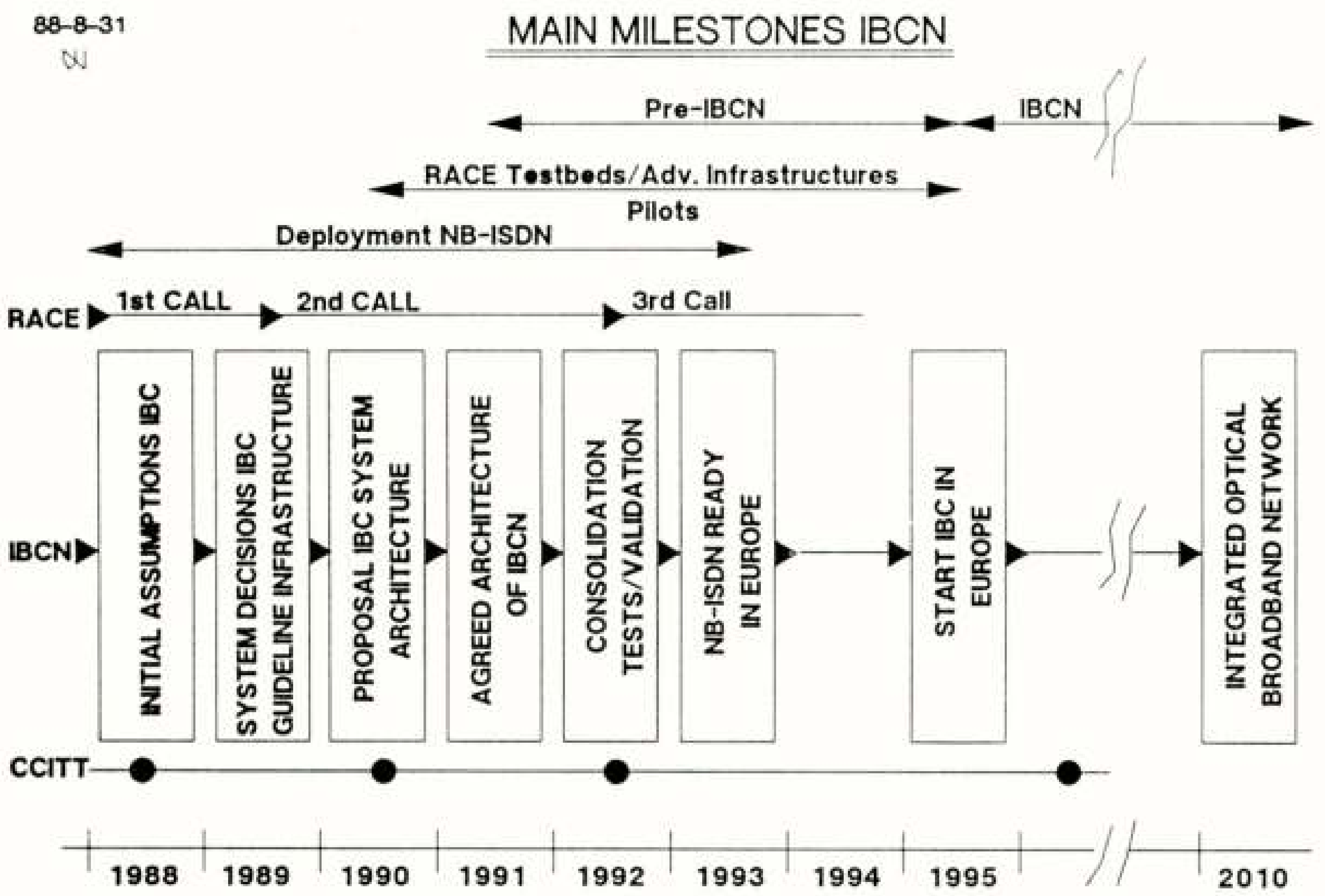
1. Waarom RACE Consensus Management?

De hoofddoelstelling van het RACE project is:

-De introductie van "Integrated Broadband Communication" (IBC); inachtnemende het ontplooiende "Integrated Services Digital Network" (ISDN) en nationale introductie strategieën; om te komen tot diensten die omstreeks 1995 in de gehele Europese Gemeenschap gemeengoed zullen worden.-

Hieruit blijkt helder en klaar dat het RACE project geen papieren studie is, die opgeborgen wordt in brusselse kelders, maar dat een werkelijke europese introductie van breedband communicatie moet plaats vinden.

Dit wordt verduidelijkt door tafel 1, die de mijlpalen langs de marsroute aangeeft.



Tafel 1

Het bereiken van algemene overeenstemming (= consensus) betreffende de systeem opzet van zo'n netwerk en de daarin te gebruiken technologieën is noodzakelijk.

Samenwerking om een nieuw breedband telecommunicatie netwerk te realiseren is echter niet zo eenvoudig omdat veel nieuwe technologieën en technieken moeten worden ingevoerd. Dit komt omdat de ontwikkelingen, speciaal op het gebied van de optische communicatie momenteel zeer veelbelovend zijn.

Tevens zijn er veel belanghebbenden bij betrokken, zoals:

- Gebruikers op 't werk en thuis
- Netwerk exploitanten
- Dienstverleners (databanken)
- Telecommunicatie industrie
- Regelgevers en politici

Bij de start was het onvermijdelijk dat alle 88 RACE projecten min of meer volgens eigen inzicht aan de door hen zelf voorgestelde onderwerpen werkten.

Vandaar dat één van deze projecten, nml R1045, met de taak belast is via overleg tot een werkend geheel te komen.

2. Organisatie

De europese telecommunicatie industrieën verenigd in het RACE INDUSTRIAL CONSORTIUM (RIC) werden als projectleider gevraagd voor het systeem ontwerp, dat door het RACE Consensus Management Office (CMO) wordt uitgevoerd.

Ook de europese PTT organisaties (CEPT) stelden medewerkers beschikbaar aan het CMO.

Tafel 2 geeft een overzicht van de betrokken partijen.

Het CMO kantoor is gevestigd in één van de vele gebouwen van de Europese Gemeenschap, in directe nabijheid van RACE Central Office.

Momenteel werken er 13 experts, 5 van de PTT administraties en 8 uit de industrie.

PROJECT R1045 — Race Consensus Management

RACE CENTRAL OFFICE (RCO)

Europese Gemeenschap, Directoraat XIII/F
Programma management
Budget bewaking
Contracten

RACE MANAGEMENT COMMITTEE (RMC)

Bestuur bestaande uit de lidstaten
Doet voorstellen en bewaakt

RACE INDUSTRIAL CONSORTIUM (RIC)

De europese telecommunicatie industrieën
Projectleider RACE deel 1:
IBC Ontwikkeling, Implementatie,
Strategie en Consensus vorming
Uitgevoerd door:

RACE CONSENSUS MANAGEMENT

Race project 1045

Tafel 2

De verdeling over de landen is als volgt: UK 5 experts, D 3, F 1, B 1,CH 1, S 1 en NL 1.
Er is een nauwe samenwerking met project R 1044, het project dat verantwoordelijk is voor het IBC systeem ontwerp en dat de RACE systeemgroepen coördineert.

3. Doelstelling CMO

Kort samengevat zijn de consensus management doelstellingen:
- Het opstellen van **"Common Functional Specifications" CFS**, zie paragraaf 4.
- De interpretatie van gebruikers wensen
- De toetsing van het RACE werk aan de wereldwijde ontwikkelingen en eventuele bijsturing
- Bevordering van de interne communicatie in de RACE gemeenschap
- Vaststelling van **consensus** betreffende CFS-en
- Verspreiding van de resultaten naar de betrokken europese instanties, zoals ETSI, het Europese Telecommunicatie Standaard Instituut

4. Common Functional Specifications

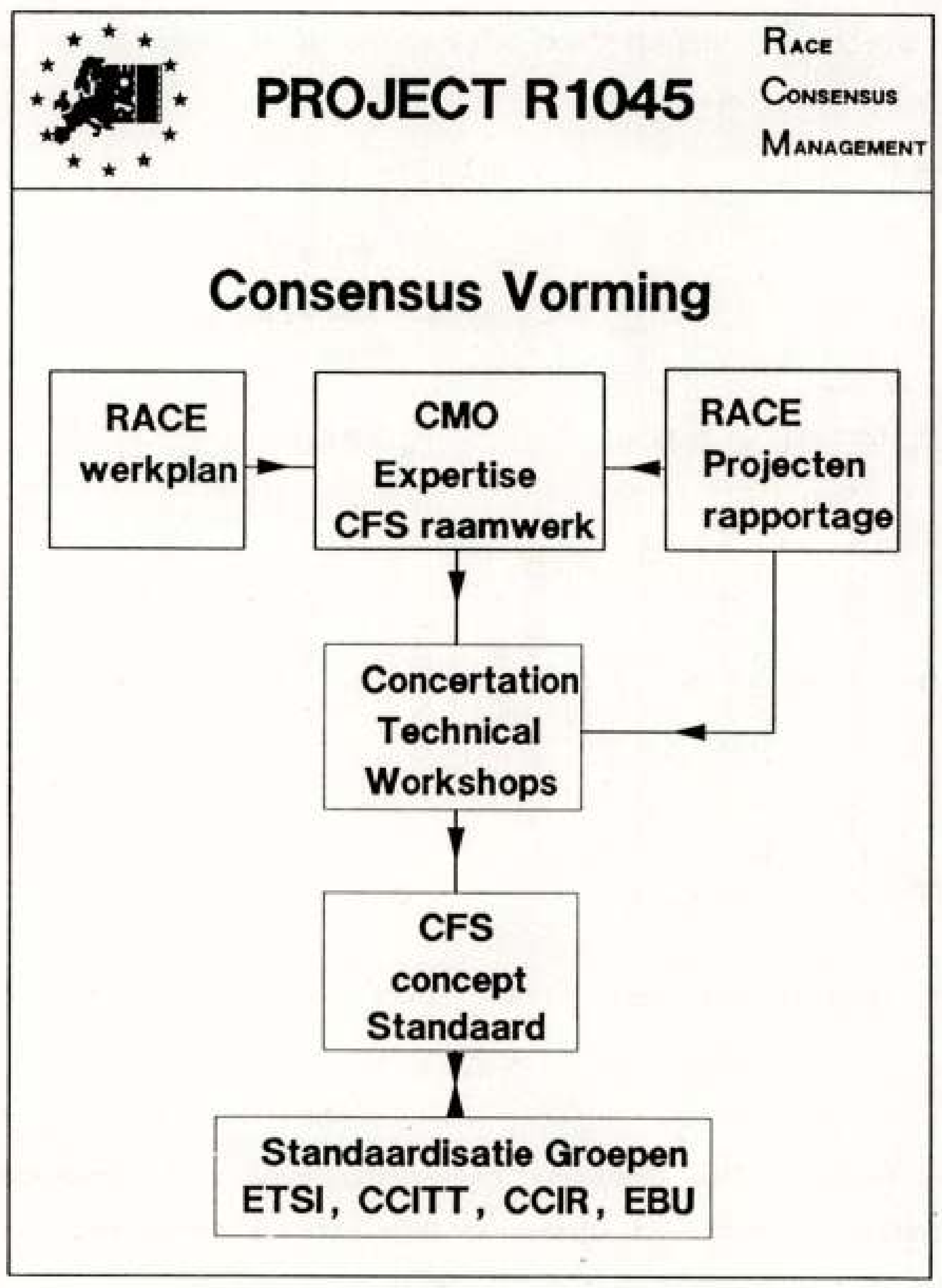
Dit zijn globale specificaties van een deelfunctie van het netwerk. Alle CFS-en tezamen beschrijven het totale communicatie systeem.
Voorbeelden:
- RACE B230: General Principles of Universal Personal Telecommunications
- RACE C120: Multimedia Services and Service Components
- RACE E330: Optical Interfaces

5. Consensus vorming

Het proces van consensus vorming is schematisch weergegen in tafel 3.
CMO stelt een CFS raamwerk op, uitgaande van het RACE werkplan, eigen vakkennis en de project rapportage van de verschillende studiegroepen (dmv de "Deliverables" die op gezette tijden door elk project worden geproduceerd).
Dit raamwerk wordt steeds up to date gehouden en de invulling van de common functional specifications wordt nu gedaan in de Concertation Technical Workshops, waar experts van de diverse projecten hun inbreng geven.
Deze Concertation Technical Workshops zijn een uitbreiding en aanvulling van de grote Concertation Meetings waar de eindrapportage van het RACE werk plaats vindt (zo'n 6x per jaar).
Elke Concertation Technical Workshop behandelt een logisch samenhangende groep CFS-en.

De onderverdeling van de technische groepen is als volgt:
TG 1 Service Aspects
TG 2 Overall Network Aspects
TG 3 Network Subsystem Aspects
TG 4 Network management
TG 5 Interfaces, Customer Premishes Network, Coding en Terminals

Deze technische groepen zijn weer onderverdeeld in sub technische groepen, voor TG 3 zijn dit:



Tafel 3

STG 3.1 Signalling
STG 3.2 Switching
STG 3.3 Transmission
STG 3.4 Mobile

Nadert zo'n CFS zijn voltooiïng, of zijn de basisprincipes "rijp", dan is een voorontwerp standaard ontstaan, die voor nadere behandeling doorgestuurd wordt naar de europese standaardisatie instanties, zoals ETSI en EBU of naar het wereldforum, de CCITT en CCIR.

Omgekeerd worden door de standaardisatie instanties vragen geformuleerd, die door de Technical Workshops bestudeerd worden om een RACE standpunt te bepalen en uit te dragen.

6. Voorbeeld van een bijdrage aan ETSI

De sub technische groep Transmissie (STG 3.3 Transmission) van RACE houdt zich bezig met de studie van de optische transmissie mogelijkheden in het toekomstige breedband net, waaronder speciaal de optische verbindingen naar de woningen en bedrijven (het locale net) van groot belang zijn.

In tafel 4 is een kort verslag opgenomen van de lotgevallen van twee RACE bijdragen aan ETSI-TM1 betreffende:

- Het "optische stopcontact" de Optical Line Outlet (OLO), die de breedband informatie de woning zal binnenvoeren, zie tafel 5.
- De optische spectrum toewijzing die gerealiseerd moet worden om zonder onderlinge storing een veelheid van diensten te kunnen aanvoeren over één vezel, zie voor meer details tafel 6.

O-------L-------O

PROJECT R1045 — RACE CONSENSUS MANAGEMENT

MEETING REPORT

ETSI - TM1

Toulouse, 16 - 20 October 1989

RACE documents submitted:

- Optical Line Outlet (OLO): TD 8
- Spectrum Allocation: TD 7

Agreements:

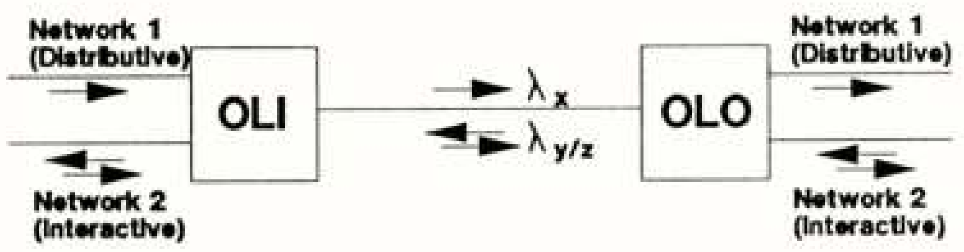
- Optical wavelength allocation is useful and necessary.
- TM 1 accepts responsibility for it.
- Specific values and conceptual points of TD 7 to be considered further.
- TD7/8 annexed to meeting report.
- Joint meeting with NA5 needed.

Tafel 4

PROJECT R1045 — RACE CONSENSUS MANAGEMENT

OPTICAL LINE OUTLET CONCEPT

The use of Wavelength Division Multiplexing in optical local networks allows a smooth evolution towards the future IBCN.



- Transparant
- Passive, no power needed
- Early fibre to the home (FTTH)
- Future proof
- Different telecom services with own pace of evolution according to the needs of society
- Does not block the technical evolution
- Part of network termination
- Duplex function

Tafel 5

PROJECT R1045 — RACE CONSENSUS MANAGEMENT

SPECTRUM ALLOCATION in the OPTICAL LOCAL NETWORK

Rationale for spectrum allocation:

- Needed for definition of optical interfaces
- Permit multiple, separate services/systems
- Ensure interference freedom
- Cost reduction by product standardization
- Safeguard upgradebility

Basis for spectrum allocation:

- Subdivision in five wavelength bands
- Consider evolutionary steps
- Allocate for four services types:
  - N-ISDN (144 kbit/s interactive)
  - B-ISDN (> 2Mbit/s interactive)
  - TV1 (analogue, incl. HDTV)
  - TV2 (digital, > 140 MBit/s)

TM1SPECT

Tafel 6

Voordracht gehouden tijdens de 375e werkvergadering.

AES AUDIO engineering society, Inc.

Sekretariaat:
Kokmeeuw 23
3831 HH LEUSDEN
AMRO: 48.08.03.765

033 - 945342

NETHERLANDS SECTION

NERG werkvergadering nr. 371

Leusden, 5 july 1989

CONVOCATIE NR: 26

AES Ledenvergadering samen met de leden van : NERG, KIVI en IEEE

Aan de leden,

Hierdoor nodigen wij U uit voor de volgende ledenvergadering van de Nederlandse AES sektie. Aanmelden is alleen schriftelijk mogelijk. U kunt de strook hieronder afknippen en de envelop opnieuw gebruiken, wél een postzegel plakken. Het secretariaats adres is al voorgedrukt. Uw eigen adres/file nummer moet al op de strook zitten. Ook NERG,KIVI en IEEE leden sturen de strook op naar het AES sekretariaat te Leusden.

Datum bijeenkomst : 28 september 1989

Onderwerp : Digital recording of Sound
Spreker : John R. Watkinson (UK)

Lokatie : De Vest Stationsplein 7 Eindhoven (7 seconden van het station, zuidzijde)

Programma aanvang : 20.00 (zaal open 19.30)
Kontaktpersonen : Kees Schouhamer Immink (040-851854 pr en 040-742221 werk)

Korte omschrijving : Na de uiterst succesvolle lezing die John Watkinson in het vorig seizoen gehouden heeft, zal Watkinson de voordrachten in de serie "digitale technieken" voortzetten. In het bijzonder zal deze avond aandacht worden geschonken aan de (Pro) DAT / R-DAT recorder en de recentelijk gedefineerde time-code.

NERG,KIVI,IEEE : Onze bijeenkomsten zijn tenzij dat uitdrukkelijk aangegeven staat gratis toegangkelijk. Het kan voorkomen dat zelfs het kopje koffie in de pauze gratis is, helaas niet altijd.
Wij verzoeken de leden van NERG, KIVI en IEEE geen introducees mee te nemen.

Volgende meeting : 10 oktober 1989 "Hoortoestellen"

GLASVEZEL NAAR DE ABONNEE ?

Prof. Ir. G.D. Khoe, Dr. T.J.B. Swanenburg
Philips Research Laboratory

Fibre to the Home ?. This paper gives a brief overview of the European RACE Programme, and indicates the crucial role of (HD)TV distribution. Several RACE projects addressing the customer access connection are discussed. One project, in which coherent optical transmission is used for distributing a multitude of TV channels to many customers, is presented in more detail.

Inleiding

De inhoud van dit artikel is gebaseerd op een voordracht die een van de auteurs (G.D.K.) onlangs op een NERG Werkvergadering in Delft gehouden heeft. Er wordt een kort overzicht gegeven van het Europese RACE Programma, en van de plaats die de op glasvezel gebaseerde abonneeaansluiting in dat programma inneemt. In het kader van RACE bestuderen een aantal grote projecten verschillende technische oplossingen voor die abonnee-aansluiting, waarin de distributie van (HD)TV een centrale rol speelt. Een van die projecten, waarin gebruik gemaakt wordt van coherente optische transmissie, wordt nader belicht.

Reeds in het begin van de tachtiger jaren heeft de Europese Commissie het belang ingezien van een goede, geavanceerde telecommunicatieinfrastructuur in de Gemeenschap: een toenemend deel van het bruto nationaal product van ontwikkelde landen is gerelateerd aan het genereren, verzenden, opslaan en verwerken van electronische informatie. Om dit inzicht politiek gestalte te geven is een zestal actiepunten geformuleerd, waarvan een gemeenschappelijk R & D programma op het gebied van telecommunicatie er een is. Dit programma, Research and development in Advanced Communication Technologies for Europe (RACE), is in 1986 van start gegaan met een z.g. Definition Phase, en in 1988 met de Main Phase. het budget voor vijf jaar bedraagt 550 MECU.

RACE is een ambitieus programma dat zich ten doel stelt om de aanzet te geven tot de installatie van het toekomstige geintegreerde breedbandnetwerk, Integrated Broadband Communications Network (IBCN) in Europa. Dit netwerk moet alle mogelijke informatie waarover een zakelijke of prive abonnee zou willen beschikken aanleveren, inclusief (HD)TV. Om dit doel zo snel mogelijk te kunnen benaderen, spelen zich binnen het programma tegelijkertijd drie activiteiten af: in Part I wordt gewerkt aan de definitie van het netwerk een de daarbij behorende specificaties en standaards, de projecten in Part II werken aan de technologieën die ontwikkeld moeten worden, en in Part III bestudeert men de gebruikersaspecten van het netwerk.

Abonneeaansluiting in RACE

Evenals thans voor het telefoonnet het geval is, verwacht men dat de zakelijke aansluitingen, hoewel veel kleiner in aantal dan de huisaansluitingen, voor het grootste deel van de inkomsten zullen zorgen. Wil men toch in de hele Gemeenschap op economisch verantwoorde wijze iedereen aan IBCN aansluiten, dan moet dus nadrukkelijk gezocht worden naar een goedkope oplossing voor het aansluiten van de "gewone" abonnee.

Hoewel allerlei "nieuwe diensten" denkbaar en in principe mogelijk zijn, lijkt het er op dat die gewone abonnee maar op twee manieren van de hem geboden communicatiefaciliteiten gebruik zal maken: om te telefoneren, en om zijn TV programma's te ontvangen. Omdat televisie van deze twee verreweg de meeste bandbreedte vraagt, is het van groot belang om voor de distributie van televisie over glasvezel efficiente oplossingen te vinden.

Een ontwikkeling die de introductie van een nieuw breedbandnet in de kaart speelt, is de opkomst van Hoge Definitie Televisie (HDTV). De bandbreedte die nodig is voor de distributie van HDTV is veelal niet (meer) beschikbaar in de bestaande kabeltelevisienetten, maar wel in IBCN. Omdat bovendien de invoering van HDTV gezien wordt als een noodzakelijke stimulans voor de Europese electronische industrie, lijkt een natuurlijke synergie te ontstaan tussen IBCN en HDTV.

Wanneer IBCN eenmaal tot een zekere mate van wasdom gekomen is, kan men verwachten dat een groot aantal nieuwe diensten zullen gaan ontstaan, en een aanzienlijk

deel daarvan zal gebaseerd zijn op visuele informatie. De additionele kosten die daarmee gepaard gaan zullen betrekkelijk gering zijn, omdat het meest essentiële element, n.l. de noodzakelijke bandbreedte, in het net aanwezig is.

Bovengenoemde redenen zijn voor de Europese Commissie aanleiding geweest om binnen het RACE Programma een aantal vrij grote projecten te accepteren, die verschillende technische opties voor de distributie van (HD)TV naar de abonnee in detail onderzoeken.

Distributie van (HD)TV in RACE

Hoewel glasvezel een vrijwel onbegrensde bandbreedte heeft (30.000 GHz), is het benutten van deze bandbreedte niet triviaal. De oorzaak van dit probleem ligt veeleer in het electronische dan in het optische domein. Electronisch kunnen frequenties tot misschien enkele tientallen GHz gehanteerd worden. wanneer men zich realiseert dat optische transmissiesystemen vrijwel altijd digitaal zijn, en dat een gedigitaliseerd TV kanaal ongeveer 140 Mb/s vraagt, en een HDTV kanaal meer dan 1 Gb/s, dan is de conclusie dat het aantal TV kanalen dat men kan aanbieden in een tijd-multiplex structuur, zeer gelimiteerd is.

Om dit probleem op te lossen komen een aantal verschillende technieken in aanmerking, die allen binnen RACE bestudeerd worden. In de eerste plaats dient men zich te realiseren dat niemand tegelijkertijd tientallen TV kanalen zal bekijken, en dus is er geen absolute noodzaak om het volledige aanbod naar iedere abonnee te sturen. In het algemeen neemt men aan dat vier onafhankelijke kanalen per abonnee voldoende is, mits hij die vrij kan kiezen uit het totale aanbod. Een dergelijke benadering wordt bestudeerd in de projecten R1030 ACCESS en R1012 BLNT (Broadband Local Network Technology). In feite verlegt men het probleem: de transmissiesnelheid op de abonneelijn kan met vier kanalen beperkt blijven tot enkele honderden Mb/s, maar men dient in het net een schakelmogelijkheid aan te brengen die de abonnee toelaat de gewenste kanalen te kiezen. Dit lijkt wat onlogisch voor een dienst die puur distributief is, anderzijds laat een dergelijke oplossing natuurlijk ook interactieve vormen van videocommunicatie toe.

Een tweede mogelijkheid is het toepassen van broncodering voor elk TV kanaal, waardoor de bitrate per kanaal lager wordt, en dus een groter aantal kanalen binnen een gegeven transmissiecapaciteit passen. Hierbij dient men te bedenken dat vooral de complexiteit van de decodering belangrijk is, omdat die bij iedere abonnee voor ieder afzonderlijk kanaal plaats moet vinden. R1051 High Bitrate Systems bestudeert deze oplossing, waarbij gedacht wordt aan transmissiesnelheden van 2.5 Gb/s tot 10 Gb/s op de abonneelijn, en een bitrate van 16 tot 34 Mb/s per TV kanaal.

De derde mogelijkheid tenslotte wordt onderzocht door R1010 Coherent Multi-Channel System. Bij de voorgaande benaderingen werd steeds maar een heel kleine fractie van de bandbreedte van de glasvezel gebruikt, omdat het multiplexen van de kanalen in het electronische domein plaatsvond. In feite wordt de informatie die in principe aanwezig is in de kleur, of de frequentie van het verzonden licht, niet benut. Bij coherente transmissie is dat anders: men kan een aantal optische draaggolven, die een onderlinge afstand van b.v. 10 GHz hebben, moduleren met verschillende TV kanalen, en die informatie vervolgens via de glasvezel naar de abonnee zenden. Aan de ontvangzijde wordt, geheel analoog aan b.v. FM radio, het binnenkomende signaal gemengd met het licht van een locale oscillator (LO) laser. De ontstane verschilfrequentie wordt electronisch versterkt en gedemoduleerd. Op deze wijze is het mogelijk honderden TV kanalen "optisch" te stapelen binnen het beschikbare venster van 30.000 GHz. Fig. 1. geeft aan hoe het optische spectrum verdeeld zou kunnen zijn. In het volgende hoofdstuk wordt nader op het werk van R1010 ingegaan.

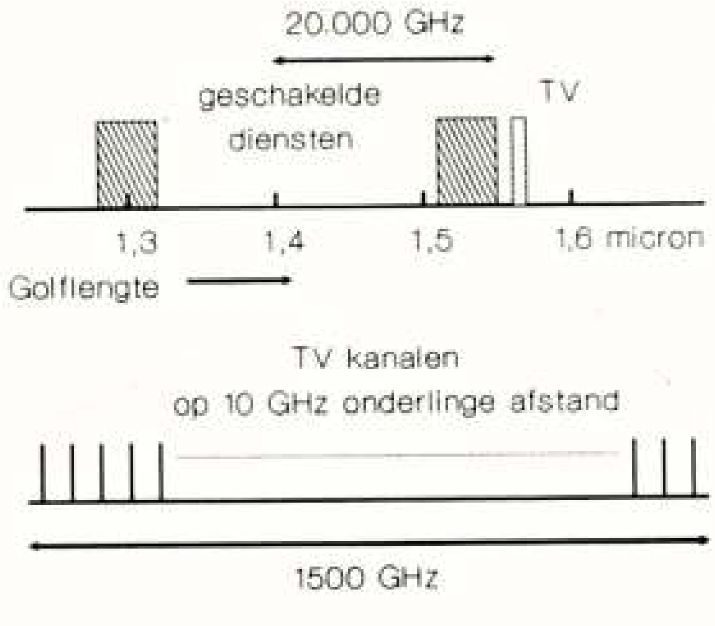


Fig. 1. Indeling van het optische spectrum.

Alle bovengenoemde projecten hebben zich gecommitteerd om de door hen gepropageerde oplossingen ook werkelijk te implementeren, en Demonstrators te bouwen die de voor- en nadelen van de verschillende benaderingen laten zien.

Coherent multi-channel systeem voor TV distributie

In dit hoofdstuk zullen achtereenvolgens de netwerkarchitectuur, de zenders en de optische ontvangers van het coherente multi-channel systeem dat binnen R1010 bestudeerd wordt, besproken worden. De opbouw van de Demonstrator die begin 1991 bij Plessey in Caswell geïmplementeerd wordt, besluit het hoofdstuk.

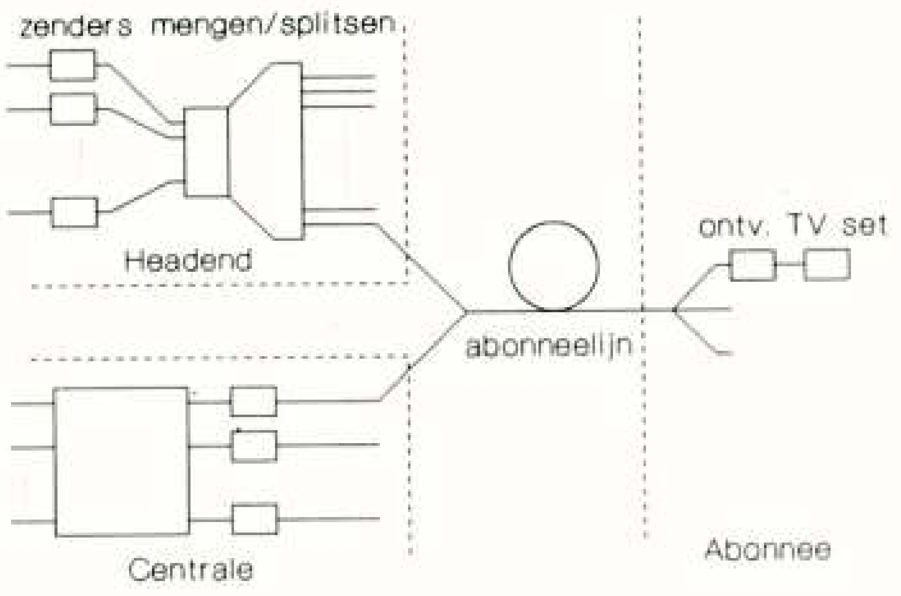


Fig. 2. Principe van de netwerkarchitectuur.

Het principe van de netwerkarchitectuur is geschetst in fig. 2. Links boven bevindt zich een "headend", waar alle (HD)TV kanalen die naar de abonnees gedistribueerd worden, gedigitaliseerd worden, en op afzonderlijke lasers gemoduleerd. Het onderlinge frequentieverschil tussen deze lasers is enkele GHz. De gemoduleerde signalen van alle zenderlasers worden gecombineerd, en vervolgens weer passief gesplitst in een groot aantal abonneelijnen. In iedere glasvezel die naar de abonnees gaat bevindt zich dan een klein deel van het door iedere laser uitgezonden gemoduleerde vermogen. Rechts zijn de abonnees aangegeven, die door het afstemmen van hun locale oscillatorlaser ieder van de binnenkomende signalen kunnen "terugmengen" naar een electronisch middenfrequent signaal dat versterkt en gedemoduleerd wordt. Na digitaal-analoog conversie kan het signaal op een normaal TV toestel worden aangesloten.

Links onder in fig. 2 is een centrale aangegeven, die de abonnee toelaat ook geschakelde diensten (telefoon, data, etc.) via hetzelfde netwerk te benutten. Deze diensten kunnen ook van coherente technieken gebruik maken, maar noodzakelijk is dit niet. Wanneer de golflengte die voor de transmissie van deze diensten gebruikt wordt, voldoende verschilt van die van het coherente deel, kunnen distributieve en geschakelde diensten als volledig onafhankelijk beschouwd worden.

Het is duidelijk dat een dergelijke architectuur zeer flexibel en transparant is. Wanneer men zich voorstelt dat op een bepaald moment HDTV beschikbaar komt, hoeft de netwerkbeheerder niets anders te doen dan een extra zender in het headend te plaatsen, die met het HDTV signaal gemoduleerd wordt. Een abonnee die dan een HDTV toestel aanschaft kan dat signaal ontvangen, de abonnee die dat niet doet merkt niets van de uitbreiding. Op deze wijze wordt de bandbreedte van de glasvezel werkelijk benut.

In R1010 wordt als modulatie aan de zendzijde Frequency Shift Keying (FSK) toegepast. De zendlasers, die een lijnbreedte hebben van ongeveer 25 MHz, worden in frequentie gemoduleerd, en wel zodanig dat een "0" de uitgezonden frequentie met 500 MHz verlaagt, en een "1" die met 500 MHz verhoogt. Deze modulatievorm is gekozen omdat hij robuust is, en met bestaande halfgeleiderlasers toegepast kan worden.

De frequentie van het door de verschillende zenders uitgezonden licht wordt gemonitored, en die informatie wordt gebruikt om de zenders op een onderling frequentieverschil van ongeveer 10 GHz te houden. Als men bedenkt dat het bruikbare optische venster ongeveer 30.000 GHz breed is, wordt het duidelijk hoe groot de capaciteit van eén dergelijk systeem is.

In de optische ontvanger, die in feite fungeert als een TV-tuner, wordt het binnenkomende licht (dat een groot aantal golflengtes of frequenties bevat op een onderlinge afstand van b.v. 10 GHz) gemengd met het licht van een LO laser, die in frequentie afstembaar is. Wanneer de LO frequentie b.v. 1 GHz verschilt van een van de binnenkomende frequenties, zal op de fotodiode die het licht detecteert, een verschilfrequentie van 1 GHz ontstaan. Omdat het signaal in frequentie gemoduleerd is, vertoont ook het "middenfrequent" signaal deze frequentiemodulatie, en deze kan dan, net als in FM radio, in een frequentiediscriminator in een amplitudemodulatie omgezet worden, die tenslotte versterkt en gedemoduleerd wordt.

Het toepassen van deze heterodyne techniek in het optische domein heeft twee grote voordelen: in de eerste plaats neemt de ontvangergevoeligheid toe met 10 tot 20 dB vergeleken met een normale optische ontvanger, ten tweede bereikt men een frequentieselectiviteit die veel beter is dan bij conventionele optische systemen.

Het zal duidelijk zijn dat men om een stabiele middenfrequentie van de orde van 1 GHz te krijgen, en om zinvol een FSK-modulatie met een amplitude van 500 MHz te kunnen detecteren, de stabiliteit van de "draaggolf" veel beter moet zijn dan die 500 MHz. Dit betekent dat de zender- en de LO-lasers een lijnbreedte moeten hebben die kleiner is dan 30 MHz. Het is pas sinds kort mogelijk om halfgeleider lasers te maken die aan deze eis voldoen. Het is dan ook het samenspel tussen onderzoekers die dergelijke geavanceerde componenten maken, en meer systeem-georienteerde onderzoekers dat voor het welslagen van een project als R1010 noodzakelijk is.

Om duidelijk te maken dat het in R1010 om meer gaat dan het aantonen van een louter technische mogelijkheid, zal in 1991 in het Laboratorium van Plessey in Caswell, U.K., een Demonstrator gebouwd worden. Dit systeem zal een "headend" omvatten waarin 10 TV kanalen worden verzonden, en drie "abonnees", die ieder beschikken over twee of drie ontvangers en TV-sets. Een van die abonnees wordt bovendien aangesloten aan een centrale, die geschakelde breedbanddiensten mogelijk maakt.

In deze Demonstrator zullen zenders en ontvangers van Siemens, Plessey en Philips gebruikt worden, die dus allemaal aan dezelfde eisen moeten voldoen, en die allemaal gedurende langere tijd in een realistische omgeving getest zullen worden. Dit kan alleen succesvol zijn wanneer de technische aspecten werkelijk beheerst worden door alle deelnemende partners.

Conclusie

Binnen het Europese RACE Programma speelt de distributie van (HD)TV signalen een centrale rol. Vier systeem-georienteerde projecten bestuderen verschillende technische opties, en zullen hun oplossingen in de vorm van Demonstrators laten zien. Men dient hierbij te bedenken dat een nieuwe breedband-infrastructuur als IBCN niet van de ene op de andere dag geïnstalleerd zal worden. Dit betekent dat iedere oplossing die geschikt is voor de kortere termijn, een "upgrading" naar betere oplossingen in de toekomst moet toelaten. Alle genoemde projecten zijn dan ook zeer actief in de discussies die gericht zijn op de architectuur van het netwerk, en van de evolutie daarvan in de tijd.

Wanneer de ontwikkeling van de techniek eenmaal zover gevorderd is dat telefoon en televisie economisch via glasvezel aan de abonnee geleverd kunnen worden, zal IBCN inderdaad op grote schaal ingevoerd worden. De additionele faciliteiten die dan tegen geringe meerprijs beschikbaar komen, zullen een omwenteling teweeg brengen in het gebruik van communicatiemiddelen, ook voor de "gewone" abonnee.

Voordracht gehouden tijdens de 375e werkvergadering.

ATM

Asynchronous Transfer Mode

Ir. F. van den Dool
PTT Research Neher Laboratorium

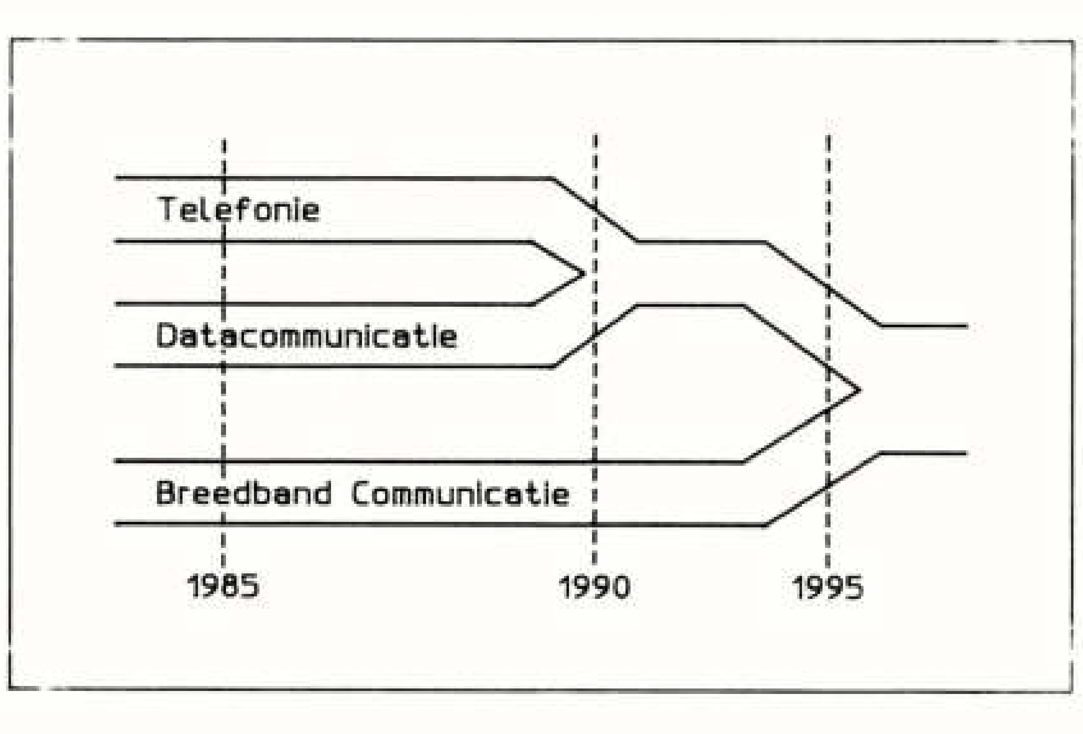
ATM, Asynchronous Transfer Mode. ATM is the technique that is discussed in international standards and research organisations as the Transfer Mode for B-ISDN. PTT Netherlands Research is actively working on ATM in RACE project 1022 'Technology for ATD'. The first part of the article describes a number of network developments like SDH, MAN's and ATM that are very much interrelated. Subsequently a general introduction to ATM is given. The advantages of ATM, its flexibility, both to the subscriber and for the network operator, and its potential for uniform handling inside the network, make it an ideal candidate as the Transfer Mode for B-ISDN with its diversity of bitrates and communication patterns.

1 INLEIDING

De ontwikkelingen in de telecommunicatie gaan in de richting van een ISDN. ISDN staat voor 'Integrated Services Digital Network' en is een direct gevolg van de toenemende digitalisering in de telecommunicatiewereld die ertoe kan leiden dat dienstspecifieke netwerken niet meer noodzakelijk zijn.

In het smalband ISDN (S-ISDN) is sprake van een gemeenschappelijke toegang tot diverse diensten. Tevens vindt een integratie op netwerkniveau plaats van alle 64 kbit/s circuitgeschakelde diensten. Ook in S-ISDN echter blijft een aantal netten naast elkaar bestaan. Dit is echter niet zichtbaar voor de gebruiker.
Vooral als we ook breedbandcommunicatie in dit beeld betrekken zien we een grote diversiteit van bitsnelheden en overdrachtmechanismen (circuit/pakket) en communicatiepatronen ontstaan. In deze omstandigheden die wel kunnen worden aangeduid met B-ISDN (Breedband ISDN), kan het zinvol zijn meer integratie na te streven, om zowel in het net als naar de gebruiker toe te komen tot meer uniformiteit en grotere flexibiliteit.

In figuur 1 zijn deze ontwikkelingen grafisch weergegeven.



Figuur 1: Trends in Telecommunicatie

2 NETONTWIKKELINGEN

Momenteel zien we een vraag ontstaan naar breedbandige verbindingen, waarbij LAN-interconnect de belangrijkste toepassing is. Om aan deze beginnende vraag te voldoen is of komt een aantal technieken beschikbaar. De relaties tussen een aantal van deze technieken staan aangegeven in figuur 2.

2.1 Semi-permanente verbindingen

Op dit moment zijn (semi-)permanente verbindingen de enige manier om breedbandig verkeer af te handelen.

2.2 SDH

In 1988 is door CCITT een nieuwe multiplex-hiërarchie gedefinieerd, Synchronous Digital Hierarchie (SDH) genoemd, waarin synchrone bitstromen kunnen worden samengevoegd. Om toepassing in een plesiochrone netwerkomgeving mogelijk te maken is een mechanisme bedacht om ook niet-synchrone bitstromen te kunnen vervoeren.
Een belangrijk verschil met de huidige asynchrone hiërarchie is dat stromen worden samengevoegd op octet-basis. Doordat op verschillende niveaus direkt toegang kan worden verkregen tot de datastroom, kunnen op eenvoudige wijze bitstromen (ook samengestelde bitstromen) worden in- en uitgevoegd en geschakeld ('Cross connecting').
Deze techniek zou met vrucht kunnen worden toegepast in optische ringnetten in stedelijke gebieden, in Nederland agglomeratie-netten genoemd, zodat op flexibele wijze semi-permanente verbindingen kunnen worden gerealiseerd door middel van het in- en uitvoegen van bitstromen ('drop and insert multiplexing').
Ook in de hogere netvlakken kunnen met deze techniek samengestelde bitstromen (bundels) worden gerouteerd zodat transmissiemiddelen op flexibele wijze kunnen worden ingezet.

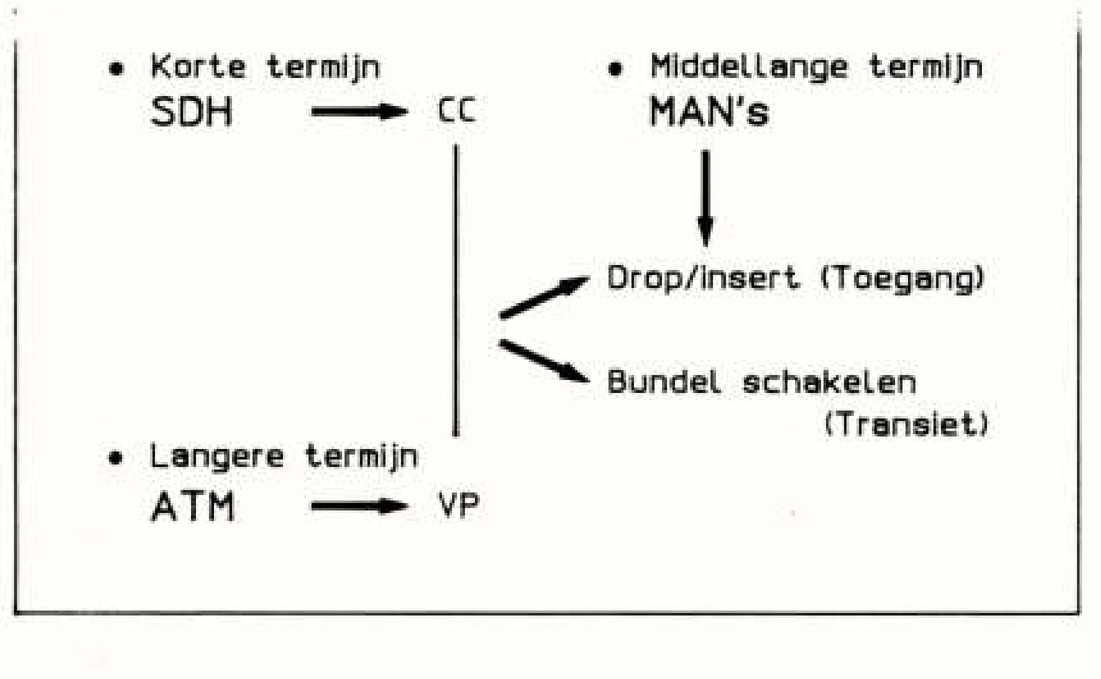
2.3 MAN's

Een verdere verfijning van de mogelijkheden om in de toegangsnetten snel geschakeld verkeer mogelijk te maken, is het Metropolitan Area Network (MAN). Vooral wanneer technieken worden toegepast die ook voor B-ISDN worden overwogen is een geleidelijke evolutie denkbaar. Op dit moment bestaan al vrij gedetailleerde voorstellen voor MAN's, zoals de concept standaard IEEE 802.6, die een techniek genaamd DQDB (Distributed Queue Dual Bus) beschrijft. Er is echter nog standaardisatiewerk nodig voor toepassing van dit systeem in een openbare infrastructuur. In Amerika heeft Bellcore het voortouw genomen door te komen met een concept genaamd SMDS ('Switched Multimegabit Data Services'). In Europa zijn in ETSI NA5 activiteiten op dit gebied gestart.

Een evolutie naar B-ISDN zou als volgt kunnen plaatsvinden. In het begin wanneer er nog relatief weinig vraag is naar geschakelde breedbandige verbindingen en de abonnees verspreid zijn over een groot gebied, is een gedistribueerd schakelsysteem, zoals het MAN, een goede oplossing omdat geen grote aanvangsinvesteringen noodzakelijk zijn. Bij het aantrekken van de vraag kan dan geleidelijk naar een meer gecentraliseerd schakelmechanisme worden overgegaan, waarbij dan ook extra functionaliteiten van B-ISDN kunnen worden toegevoegd.

2.4 B-ISDN

In B-ISDN heeft de gebruiker een breedbandige toegang waar door middel van de 'Asynchronous Transfer Mode (ATM)' op een flexibele manier gebruik van kan worden gemaakt. Zijn toepassing van SDH- en MAN-technieken in het toegangsnetwerk meer gericht op de zakelijke gebruiker, in B-ISDN komen alle gebruikersstromen samen. Hierbij wordt dan ook gedacht aan het transport van videobeelden, hetzij voor nieuwe diensten als videofonie, hetzij voor distributie van en geschakelde toegang tot TV-signalen, zowel in de huidige als in hoge-definitie kwaliteit



Figuur 2: Netwerk ontwikkelingen

3 ATM ACTIVITEITEN IN INTERNATIONAAL VERBAND

3.1 ETSI

In Europa is ETSI NA5 de belangrijkste acteur op het toneel van B-ISDN en ATM. Er wordt gewerkt aan Europese standaarden en aan de coördinatie van het Europese standpunt in CCITT SG XVIII. Ook vindt hier het eerdergenoemde werk aan MAN-standaardisatie plaats.

3.2 CCITT

In CCITT is het Studiegroep (SG) XVIII, die zich bezig houdt met B-ISDN. In de zogenaamde 'Blue Books' van 1988 is een voorlopige aanbeveling voor B-ISDN verschenen: I.121. Op dit moment wordt hard gewerkt om aan het eind van dit jaar (1990) meer gedetailleerde aanbevelingen via een versnelde procedure goedgekeurd te krijgen.

3.3 RACE

In het RACE-programma van de EG, waar men overigens de term IBCN (Integrated Broadband Communications Network) gebruikt, wordt hard gewerkt aan de studie van technieken voor deze generatie netwerken. Een aantal projecten binnen RACE houdt zich bezig met ATM. Het PTT Research Neher Laboratorium is o.a. betrokken bij RACE project 1022 'Technology for ATD', waarin naast een groot aantal andere bedrijven Alcatel en Philips als grote industriële partners deelnemen.

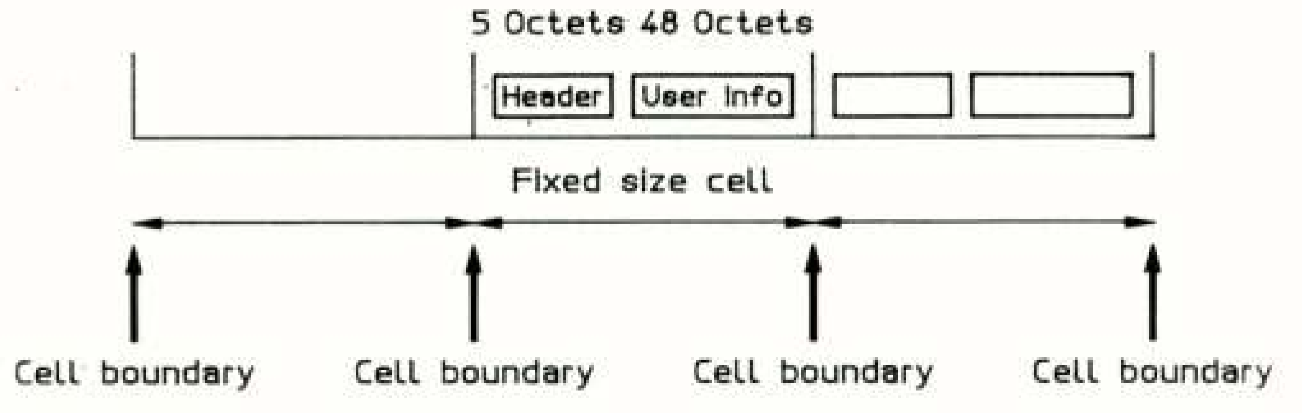
4 ATM

4.1 Algemene aspecten

Een 'Transfer Mode' is een methode van informatieoverdracht, die alle aspecten van transmissie, multiplexen en schakelen in een telecommunicatie-netwerk omvat. Er zijn twee transfer modes gedefinieerd: een Synchrone Transfer Mode (STM), waarbij woorden van vaste lengte periodiek door het netwerk worden overgedragen, en een Asynchrone Transfer Mode (ATM), waarbij woorden van vaste lengte niet noodzakelijkerwijs periodiek, maar afhankelijk van de behoefte van de gebruiker door het netwerk worden overgedragen.

ATM is een specifieke pakket-georiënteerde manier van informatie-overdracht, waarbij gebruik wordt gemaakt van een asynchrone tijdverdeelde multiplex-techniek: de gemultiplexte informatiestroom is samengesteld uit blokken van vaste lengte, die cellen worden genoemd.
Een cel bestaat uit een header en een informatieveld (zie figuur 3). In tegenstelling tot STM, waar de identificatie van de

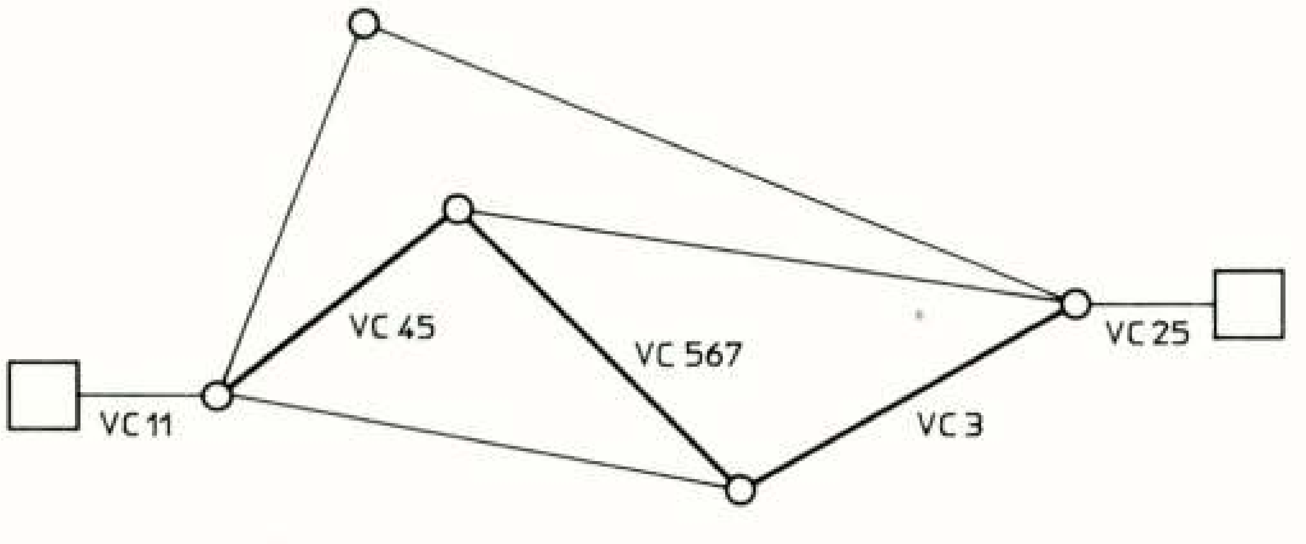
informatie plaatsvindt aan de hand van de positie in een tijdraster, bevat bij ATM de header de informatie die aangeeft tot welke verbinding de cel behoort.



Figuur 3: ATM cel-structuur

De term pakketgeoriënteerd geeft al aan dat aspecten van de traditionele pakketschakeltechniek aanwezig zijn. Het is belangrijk te constateren dat echter ook aspecten van circuitschakelen zijn overgenomen. Eén zo'n aspect is dat ATM verbindingsgeoriënteerd is: voor een communicatie-sessie wordt een verbinding aangevraagd met een bepaalde kwaliteit. Indien het netwerk aan deze vraag kan voldoen worden in het netwerk middelen gereserveerd voor deze verbinding, zodat de gevraagde kwaliteit kan worden gegarandeerd; kan het netwerk niet aan de vraag voldoen dan wordt de aanvraag afgewezen (blokkering).

De velden in de header kunnen op verschillende plaatsen in het netwerk een andere waarde hebben. Deze (plaatselijke) waarden blijven wel voor de duur van de verbinding hetzelfde. Als voorbeeld kan de Virtual Channel Identificatie (VCI) worden genomen. Met deze identificatie wordt aangegeven tot welke verbinding de cel behoort. De VCI heeft slechts een lokale betekenis om de lengte van het veld klein te houden. In elk schakelpunt in het net vindt daarom zowel een ruimte-transpositie (schakelactie) als een header-transpositie (headertranslatie) plaats. Dit is weergegeven in figuur 4.



Figuur 4: ATM netwerk

4.2 Karakteristieken van ATM

Doordat de multiplex-techniek van ATM is gebaseerd op cellen, die in de header de identificatie van de verbinding bevatten, kan de gebruiker het aantal cellen per tijdseenheid dat moet worden getransporteerd dynamisch aanpassen aan zijn momentane behoefte. Dit dynamisch gebruik van middelen voor de gebruiker is één aspect van de flexibiliteit die ATM biedt. Een ander aspect is dat middelen niet specifiek zijn toegewezen aan een bepaalde groep verbindingen (zoals bijvoorbeeld op basis van bitrate in circuit-geschakelde netten), zodat de netbeheerder in mindere mate afhankelijk is van wisselingen in de verkeerspatronen.

Deze flexibiliteit leidt er wel toe dat extra maatregelen noodzakelijk zijn om de verkeersstromen in het netwerk onder controle te kunnen houden. Men kan zich voorstellen dat er problemen ontstaan als alle gebruikers van een B-ISDN de mogelijkheid krijgen onaangekondigd de volle capaciteit van de toegang te benutten. Vandaar dat altijd van tevoren een verbinding met bepaalde karakteristieken moet worden aangevraagd. Kan het netwerk hier niet aan voldoen dan ontstaat blokkering. Kan het netwerk er wel aan voldoen dan wordt de verbinding opgezet. Tevens wordt een functie geactiveerd om de verbinding te bewaken, zodat de bij het opzetten van de verbinding afgesproken parameters niet worden overschreden. Deze functie wordt de politie-functie genoemd.

Aangezien de cel de basiseenheid van informatie-overdracht vormt, wordt in het netwerk voor transmissie, multiplexen en schakelen geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen verbindingen. Feitelijk ontstaan met de ATM-techniek 'all rate' schakelnetwerken en een uniform transportmechanisme.

Een negatief aspect van ATM is het feit dat cellen die bij eenzelfde verbinding behoren een variabele looptijd (grootte-orde 1 ms) door het netwerk hebben. Vandaar dat extra maatregelen noodzakelijk zijn om de tijdtransparantie voor die diensten waarvoor dat nodig is, te herstellen.

4.2 Het Virtual Path concept

Het equivalent van 'Cross Connecting' in ATM wordt het 'Virtual Path (VP)' concept genoemd. Dit concept maakt routering van bundels Virtual Channels (VC's) op semi-permanente basis mogelijk. De knooppunten die deze routeringsfunctie verzorgen zijn niet betrokken bij het opzetten van de individuele VC's. De volgende voordelen kunnen worden genoemd:

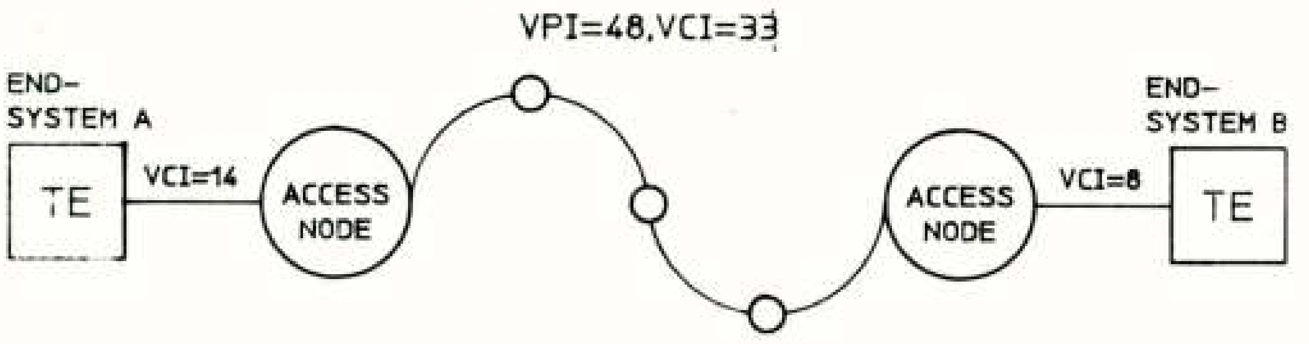
- eenvoudiger (VP) schakelaars, doordat geen 'call control' functies aanwezig hoeven te zijn;
- vermindering van de opbouwtijd voor verbindingen, doordat VP schakelaars niet betrokken hoeven te worden bij het opzetten van de verbindingen en doordat eenvoudiger routeringsstrategieën kunnen worden toegepast;
- 'Virtual Leased Lines (VLL)' en 'Virtual Private Networks (VPN)'; door gebruikers d.m.v. Virtual Paths te verbinden wordt op eenvoudige wijze een VLL gerealiseerd. VPN's maken zowel gebruik van Virtual Paths als van VC

schakelfaciliteiten in het net;

- 'Fall-back' routering; voor belangrijke verkeersstromen kunnen Virtual Paths worden opgezet, die in geval van calamiteiten kunnen worden benut.

Het is de bedoeling dat de besturingsinformatie voor de VP schakelaar wordt geleverd door het netwerkmanagement-systeem en niet door de 'real time call control'.

In figuur 5 wordt aangegeven dat tussen twee eindcentrales een Virtual Path bestaat. Eventueel kan in de VP-schakelaars een vertaling van het VPI plaatsvinden. Het VCI wordt over het Virtual Path transparant doorgegeven. Voor de eindcentrales lijkt het alsof ze direct verbonden zijn door één link.

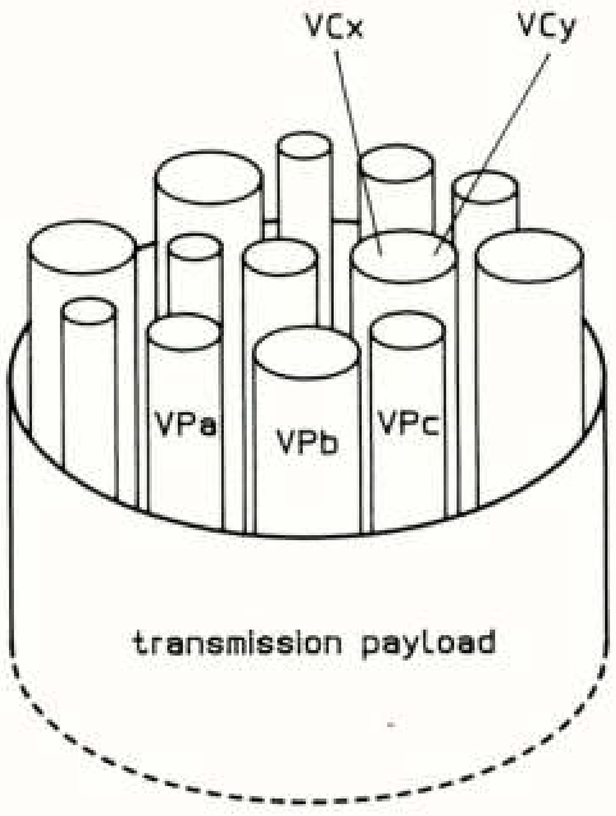


Figuur 5: ATM Virtual Path concept

Eigenlijk is het zo dat de transmissie-capaciteit is verdeeld in Virtual Paths met een verschillende capaciteit zoals aangegeven in figuur 6. Binnen die Virtual Paths kan een aantal VC's actief zijn. De 'real time call control' zal ervoor moeten zorgen dat de door het netwerk management ingestelde capaciteit van een bepaald Virtual Path niet wordt overschreden.

4.3 Cel-structuur

De grootte van de ATM-cel is 53 octetten, 48 octetten voor het informatie-veld en 5 octetten voor de header. In de header is een



Figuur 6: Virtual Channels en Virtual Paths

aantal velden gedefinieerd voor functies die al de revue zijn gepasseerd, zoals VCI en VPI. Verder is vermeldenswaard dat de header beschermd wordt door een Header Error Control (HEC) veld, zodat de kans wordt verkleind dat een bitfout in de header ertoe leidt dat een cel overspreekt naar een andere verbinding.

5. CONCLUSIES

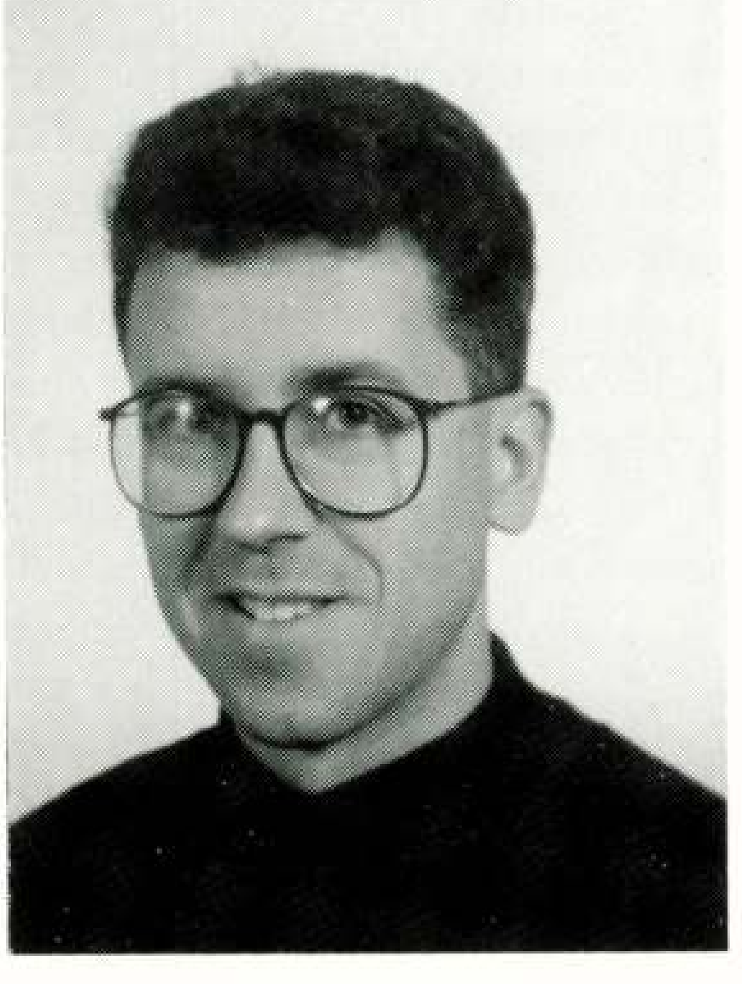
Het voorgaande is bedoeld als een algemeen overzicht van de ontwikkelingen op het gebied van B-ISDN en ATM.
Geconcludeerd kan worden dat ATM kan leiden tot een geintegreerd netwerk op een hoger niveau dan gebruikelijk is in (smalband) ISDN. Verder levert ATM de flexibiliteit die noodzakelijk is voor B-ISDN. Dit is zowel flexibiliteit naar de gebruiker als voor de netwerkbeheerder.
Tenslotte: op dit moment vindt een enorme inspanning plaats op het gebied van research en standaardisatie, niet in de laatste plaats in RACE-verband.

Voordracht gehouden tijdens de 375e werkvergadering.

Professor Bählerprijs 1989
toegekend aan Ir. J. Looijenga

Koninklijk Instituut van Ingenieurs
Afdeling voor Telecommunicatie

Aan het slot van een Symposium van de Afdeling voor Telecommunicatie over Europese Standaardisatie in de Telecommunicatie is op dinsdag 27 maart 1990 de Professor Bählerprijs 1989 uitgereikt. Deze prijs, die de Afdeling jaarlijks toekent aan een student, afgestudeerd in het vakgebied van de telecommunicatie aan een van de Nederlandse technische universiteiten ging deze keer naar Ir. J. Looijenga. Hij ontving de prijs uit handen van Ir. W. Bähler, zoon van de legendarische Delftse hoogleraar voor telecommunicatietechniek, naar wie de prijs is vernoemd. Vervolgens hield de prijswinnaar een voordracht over het door hem verrichte werk.



Ir. J. Looijenga.

Ir. Looijenga studeerde af aan de Universiteit Twente bij Prof.Dr.Ir. I.G.M.M. Niemegeers op het onderwerp "D-channel implementation of ISDN basic rate terminal equipment". Deze opdracht is uitgevoerd bij het Dr. Neher Laboratorium van de PTT, waar hij werd begeleid door Ir. D.J.J. van Bruchem en Ir. J.B. Roubos.

De introductie van het ISDN (Integrated Services Digital Network) impliceert de ontwikkeling van ISDN terminal equipment: de interface tussen gebruiker en ISDN diensten. Het ISDN-specifieke deel hiervan wordt gevormd door het D-kanaal, dat voornamelijk voor signalering wordt gebruikt.

Het afstudeerwerk behandelt een implementatie van het D-kanaal voor basic rate (2B + D) terminal equipment. Deze implementatie kan als basis dienen voor de realisatie van ISDN basic rate terminal equipment, maar daarnaast ook voor het realiseren van gecombineerde functies als een terminal adapter of interworking unit.

Bij de opdracht is onder meer aandacht besteed aan:

- de specificatie van interfaces, protocollen en services.
- de hardware en software ontwikkelomgeving.
- de implementatie van specifieke ISDN chips en het ontwerp als VME-bus module.
- de interfaces voor externe B-kanaal applicaties.
- de gereedschappen voor software validatie en conformance testing.

De Heer Looijenga heeft met zijn werk een duidelijke en toekomstgerichte bijdrage geleverd in het betreffende vakgebied. De op zich complexe ontwerpopdracht heeft hij op een zeer gedegen en goed gestructureerde wijze uitgevoerd; een grondige probleemanalyse is aan het ontwerp voorafgegaan.

De bestaande CCITT aanbevelingen laten nog een aantal belangrijke elementen in het ongewisse, zoals de relatie control plane/user plane en het management. In de opdracht is hierin helderheid gebracht, niet in het minst door de bijdrage aan de functionele modelvorming in de vorm van een extensie van het OSI model.

Het ontwerp is niet op theoretisch niveau blijven hangen: ontwerp en implementatie van de software en hardware zijn daadwerkelijk en op een zorgvuldige manier uitgevoerd.

Het verslag is goed gestructureerd, doeltreffend geformuleerd en ook prettig leesbaar voor algemene telecommunicatiedeskundigen.

De conclusie van de keuzecommissie is dan ook dat hier zeer goed ingenieurswerk is verricht, dat verdient met de Professor Bählerprijs te worden beloond.

Niet onvermeld mag blijven dat de beoordelingscommissie ook grote waardering heeft voor de vier andere voor bekroning voorgedragen afstudeerwerken, te weten:

Ir. H.J. Dekker	:	Multidimensional Trellis-coded modulation (Universiteit Twente, Prof.Dr. D. Kleima)
Ir. C. van der Plas	:	Stability of mobile slotted ALOHA networks (TU Delft, Prof.Dr. J.C. Arnbak)
Ir. J.Y. Tichelaar	:	Timing recovery volgens het Minimum Likelihood Principe (Universiteit Twente, Prof.Ir. A. Kok)
Ir. R.J. van der Vleuten	:	A Viterbi detector for a class IV partial response magnetic recording system (TU Eindhoven, Prof.Dr.Ir. G. Brussaard)

De dag werd besloten met een geanimeerde receptie.

VAN DE REDACTIE

De experimenten met de Olympus-satelliet

Vorig jaar publiceerden wij in deel 54 – nr. 4 van dit tijdschrift een viertal artikelen over de experimenten met de Olympus-satelliet. Door de deelnemers aan deze experimenten is ons een vouwblad aangeboden ter publicatie. Het oorspronkelijke plan om dit vouwblad toe te voegen aan genoemd nummer kon niet gerealiseerd worden, doordat het te laat gereedkwam. Daarom is het nu opgenomen in dit eerste nummer van 1990 en wel vastgeniet in het midden van het tijdschrift.

De Hoofdredacteur.

VARIA

Bezoek aan NERG-Lezingendag over Halfgeleiderlasers

Donderdag 05-10-1989, Philips Natuurkundig Laboratorium

Thema: "Ontwikkelingen en Toepassingen van de Halfgeleiderlasers".

Deze lezingendag was zo opgezet dat alle deelgebieden van halfgeleiderlasers aan de orde kwamen, van langgolvige tot kortgolvige lasers. Door middel van een negental voordrachten en een inleiding hierop werd de huidige stand van zaken op het gebied van halfgeleiderlasers uit de doeken gedaan.

Als eerste gaf Prof.Dr. G. Acket als inleiding een overzicht over de ontwikkelingen in en toepassingen van halfgeleiderlasers. Hierbij werd het algemene principe van een laser uitgelegd. Een laser is een golfgeleider + versterking + feedback. Golfgeleiding kan worden gerealiseerd door brekingsindexverschillen in een halfgeleider. Dus een p-type en een n-type halfgeleider met beide een brekingsindex N_2 met daartussenin de golfgeleider met een brekingsindex N_1, waarbij $N_1 > N_2$.

De halfgeleiderlasers kunnen naar golflengtegebied worden ingedeeld. De lasers werkzaam in het golflengtegebied van 750-880 nm bestaan uit $Al_xGa_{(1-x)}As$ op een GaAs-substraat. De lasers werkzaam in het golflengtegebied van 1100-1600 nm bestaan uit $In_xGa_{(1-x)}As_yP_{(1-y)}$ op InP-substraat. Dan zijn er nog lasers die werkzaam zijn in het golfgebied van 600-680 nm. Deze bestaan uit $In_{0,50}(Ga_{(1-x)}Al_x)_{0,50}P$ op GaAs-substraat.

De tweede lezing werd verzorgd door Dhr. Koopmans en had de titel "semiconductor integrated optics". Hij sprak in de plaats van Prof.Dr. B. Verbeek. Volgens Dhr. Koopmans kunnen de optische componenten in drie klassen worden verdeeld: de passieve, de electro-optische en de opto-electronische componenten.

Als voorbeeld werd in deze lezing een optische schakelaar getoond. Bij zo'n schakelaar kan door middel van brekingsindexverandering onder invloed van een elektrisch veld, dat door middel van elektrodes wordt aangelegd een lichtstraal door golfgeleiders worden gestuurd.

De derde spreker, Dr. P. Kuindersma, sprak over verstembare DBR-lasers. Bij deze lasers is het mogelijk de golflengte over een klein gebied te variëren. Ze worden gebruikt in coherente communicatiesystemen.

Drs. L. Tiemeijer, de vierde spreker, vertelde iets over optische versterkers. Hiermee kan licht rechtstreeks worden versterkt. De licht-elektrisch-licht omzetting bij een repeater is op deze manier niet meer nodig. Met deze devices is het nu mogelijk een versterking van 26 dB te verkrijgen bij een golflengte 1520 nm.

De vierde voordracht (vijfde spreker) werd verzorgd door Dr.Ir. H. van Tongeren en handelde over de packaging van halfgeleider lasers (het in een handig huisje stoppen). In zo'n huisje wordt het licht uit de laser in een glasvezel ingekoppeld. Hierin kwam naar voren, dat bij het koppelen van een glasvezel met een laser het geheim zit in de manier waarop de glasvezel wordt vastgezet om hem recht voor de laser te houden. De glasvezel wordt namelijk op zijn plaats gehouden door soldeer. Bij dit soort technieken wordt de volgende procedure toegepast. Eerst wordt het soldeer gesmolten, dan wordt de glasvezel door het soldeer heengeleid en uitgericht, waarna men het soldeer (goudtin) weer laat stollen. Deze configuratie wordt vooral gebruikt door PTT's voor de lange-afstand-glasvezelcommunicatie.

Er is ook nog een andere configuratie om licht van een laser in een glasvezel in te koppelen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een bolvormige lens. Deze methode is goedkoper dan de vorige configuratie, maar de lichtinkoppeling is niet zo goed. Doch voor zijn doel, LAN's (korte afstanden), is hij zeer geschikt.

De laatste voordracht voor de lunch werd verzorgd door Ir. H. de Waardt van het PTT Research Neher Laboratorium. De titel hiervan was "Reliability en performance van telecommunicatie- halfgeleiderlasers". Hij vertelde over experimenten om sneller verouderingsverschijnselen bij lasers te krijgen. Op deze manier kan worden getest hoe lang een laser mee kan. De levensduur van een laser wordt meestal gedefinieerd, als hij het ondertussen niet opgeeft, als de tijd die er voor nodig is om de drempel twee keer zo hoog te laten worden. De versnelde veroudering van laser kan worden gestimuleerd door een hogere stroomdichtheid, door een hogere temperatuur en door een hogere optische dichtheid.

Na de voortreffelijke lunch was het woord aan Prof.Dr. G. Acket die vertelde over "dubbel-hetero structuur- en quantum well lasers". Dit soort structuren zijn geschikt voor hoog-vermogen-lasers.

Hierna was Ir. L. Harm aan de beurt met een lezing met de titel: "Hoog vermogen lasers: single emitters en arrays". Deze lezing ging over AlGaAs hoog-vermogen-lasers. Bij het vervaardigen van zo'n laser moet op de volgende punten worden gelet: 1) Het catastrofaal optisch vermogen moet hoog genoeg zijn, 2) De levensduur moet voldoende lang zijn, 3) Het device moet een goede stabiliteit hebben. Bij onderzoek hiernaar is gebleken, dat deze eigenschappen hoofdzakelijk afhangen van de dikte van de actieve laag. Om het device aan de bovenstaande eigenschappen te laten voldoen, zal de actieve laag voldoende dun moeten zijn.

De voorlaatste lezing van Dr. D. van Eck had de titel: "Optiek voor halfgeleiderlasers" en handelde over het probleem hoe je van een elliptische laserbundel een ronde laserbundel kunt maken. Hierbij wordt o.a. gebruik gemaakt van lenzen.

De laatste voordracht van Ir. A. Valster handelde over rode halfgeleiderlasers. Halfgeleiderlasers in het zichtbare gebied zijn pas sinds kort beschikbaar. Nu zijn er alleen nog maar rode maar in de toekomst worden er ook gele halfgeleiderlasers verwacht. De reden om een rode halfgeleider laser te ontwikkelen is om de He-Ne-gaslaser te kunnen vervangen. De halfgeleiderlaser heeft hierbij de volgende voordelen: 1) de levensduur is groter, 2) de laser is kleiner van omvang, 3) de laser kan op een lagere spanning werken. Op het ogenblik wordt er nog onderzoek verricht om het vermogen van de rode laser te kunnen opvoeren (nu 3 mW, streven naar 20 mW) en om de drempelstroom te verlagen.

Na afloop van de lezingen was er tijd gereserveerd voor een discussie waarbij o.a. de vraag werd gesteld hoe Philips op het gebied van halfgeleiderlasers staat t.o.v. de concurrentie. Hierop werd geantwoord, dat de concurrentie voor Philips alleen in Japan zit. Buiten Japan is Philips zonder meer de sterkste op het gebied van halfgeleiderlasers. Wereldwijd gezien is Philips over het hele halfgeleiderlasergebied redelijk vertegenwoordigd, maar op de deelgebieden zijn de Japanse bedrijven sterker. Dit komt omdat zij zich meer op één gebied gespecialiseerd hebben.

Al met al waren de lezingen zeer interessant. We kunnen dan ook terug zien op een geslaagde lezingendag.

Overgenomen uit het Odin-Bulletin, 5e jaargang, no. 1, februari 1990. Het Odin-Bulletin is een uitgave van het Communicatiedispuut Odin, Dispuut van de e.t.s.v. Thor (TUE).

UIT HET NERG

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden
Ir. E.A. de Boer, Gekerstraat 158, 7523 VT ENSCHEDE.
Prof. dr. ir. R.T. Boute, Pauluslaan 13, 6564 AN H. LANDSTICHTING.
Ir. F.W. Hoeksema, Universiteit Twente, Vakgroep CIS-EL, Postbus 217, 7500 AE ENSCHEDE.
Ir. H.G. Rave, Vluttersven 19, 5646 HX EINDHOVEN.
Ir. J.H.A. de Rijk, Van Hasseltlaan 309, 2625 HV DELFT.
Ing. G. van Stam, Pruimendijk 184, 2989 AL RIDDERKERK.
Ing. E.S. Trommel, Ruimtebaan 319, 2728 MP ZOETERMEER.
Ir. M.J.H. van Veen, Schaepmanlaan 3, 4102 BW CULEMBORG.
Ing. A.M. Velders, Philips Nederland B.V., Groep Kabeltelevisie, Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN.
J.W. Verhoof, Van Hasseltlaan 250, 2625 HR DELFT.

Nieuwe leden
Ir. H.J.R. Bastiaansen, Mgr. Nolenslaan 43, 5103 BK DONGEN.
Ir. M.O. van Deventer, Pr. Frederiklaan 478, 2263 HP LEIDSCHENDAM.
Ir. B. Rijsdijk, Indigoblauw 25, 2718 JZ ZOETERMEER.
A. Slob, Kapteynlaan 8, 5505 AZ VELDHOVEN.
Ing. H.E.P. Tattje, Wijntjeskamp 25, 7576 EK OLDENZAAL.
Ir. L.D.C. van Werkhoven, Nassaupark 17, 2161 KK LISSE.

Nieuwe adressen van leden
Prof. dr. H. Bremmer, Route de Tiège 44 (la Charmille), B-4882 JALMAY, SART-LEZ-SPA, België.
G.J.C. Donk, p/a Rijperweg 85, 1462 MD MIDDENBEEMSTER.
Ir. B.R. van Erkel, Valentijnlaan 65, 4834 SE BREDA.
Ir. H.C. Kahlmann, Dingspil 47, 9531 HC BORGER.
Ir. B.J.A. Koenderink, Kluppershuizenweg 2, 7608 RL ALMELO.
Ir. W.A.Th. Kotterman, De Haar 12, 2261 XS LEIDSCHENDAM.
Ir. A.G. van Lienden, Tamboerijnlaan 171, 2287 TG RIJSWIJK.
Prof. ir. O.W. Memelink, Arnhemsestraatweg 57, 6991 AH RHEDEN; postadres: Postbus 41, 6990 AA RHEDEN.
Ir. A.P.C. van Schendel, Beethovenlaan 13, 7442 HC NIJVERDAL.

AES AUDIO engineering society, Inc.

Sekretariaat:
Kokmeeuw 23
3831 HH LEUSDEN
AMRO: 48.08.03.765

033 - 945342

NETHERLANDS SECTION

NERG werkvergadering nr. 373

Leusden, 30 july 1989

CONVOCATIE NR: 27

werkvergadering samen met : NERG en NVA leden.

Aan de leden,

Hierdoor nodigen wij U uit voor de volgende ledenvergadering van de Nederlandse AES sektie. Aanmelden is alleen schriftelijk mogelijk. U kunt de strook hieronder afknippen en de envelop opnieuw gebruiken, wél een postzegel plakken. Het secretariaats adres is al voorgedrukt. Uw eigen adres/file nummer moet al op de strook zitten.

Datum bijeenkomst : 10 oktober 1989

Onderwerp : Nieuwe Nederlandse ontwikkelingen aan gehoortoestellen.
Spreker(s) : Het programma staat in grote lijnen vast, nog niet exact weten we of de hieronder aangekondigde sprekers of een van hun teamleden de spreekbeurt zullen houden.

Ing. B. Geerdink	Inleiding	Philips Hearing Intrsuments
Dr. Ir. J.M. Pesten	Temporele aspecten	VU Amsterdam Groep Audiologie
Dr. J. Verschuure	Compressie aspecten	Erasmus Universiteit Groep Audiologie
Prof. Dr. Ir. P.A. Bilzen	Richtings aspecten	TU-Delft Groep Akoestische perceptie

Lokatie : Badminton Centrum Nederland Blokhoeve 1 3438 LC Nieuwegein (03402-47710)
(Bereikbaar met Sneltram vanuit Utrecht CS Halte Zuilenstein)
Deze lokatie zullen we meerdere malen benutten dit seizoen)

Programma aanvang : 20.00 uur (zaal open 19.30 uur) Einde circa 22.30 uur

Kontaktpersonen : Diemer de Vries, tel (werk) : 015-785220 tel (prive) 01891-15337 , fax (werk) : 015 625403

Korte omschrijving : De tweede bijeenkomst van het seizoen 1989/90 staat in het teken van de gehoortoestellen. Een onderwerp wat gezien de moderne ontwikkelingen zeker de moeite waard is. De Nederlandse Vereniging voor Audiologie is mede organisator van de bijeenkomst. Tijdig aanmelden is van belang. Een definitief programma krijgt U op de avond zelf uitgereikt.
Volgende meeting : 28 november Bang & Olufsen Hilversum

Conferentieaankondigingen

Pato.
Betrouwbaarheidsanalyse 8, 9, 15 en 16 mei 1990 te Arnhem.
Methodisch literatuurzoeken 31 mei en 1 juni 1990 te Eindhoven.
Contactadres: Orgaan voor Pato, Prinsessegracht 23, Postbus 30424, 2500 GK Den Haag. Tel. 070 - 3644957.

Euro Display 1990, 25-27 september 1990 in Amsterdam, RAI Congrescentrum.
Contactadres: Prof. Ir. D. Bosman, TU Twente, Postbus 217, 7500 AE Enschede. Tel. 053 - 892780.

Sensors and Actuators Symposium 1990, 15 en 16 november 1990, Universiteit Twente.
Contactadres: S & A Symposium, Universiteit Twente, Postbus 217, 7500 AE Enschede. Tel. 053 - 892744.

European conference on Integrated Home Applications, 13-15 januari 1991, RAI Congress Centre in Amsterdam.
Contactadres: Conference secretariat I.H.A., c/o RAI Organisatie Bureau Amsterdam b.v., Europaplein 12, 1078 GZ Amsterdam.
Tel. 020 - 5491212.

ISSLS 91, The international symposium on subscriber loops and services, Amsterdam, RAI Congress Centre, 22-26 April 1991, sponsored by NERG a.o. Call for papers, 15 juni 1990.
Contactadres: Ir. A.A. Dogterom, International Technical Program Committee ISSLS '91; c/o AT and T Network Systems International, Larenseweg 50, Postbus 1168, 1200 BD Hilversum. Tel. 035 - 871466.

International symposium on Analogies in Optics and Micro Electronics, TU Eindhoven, on 2nd and 3rd May 1991.
Contactadres Dr. T.G. van der Roer, TUE Fac. Electrical Engineering, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven. Tel. 040 - 473602.

Technical Symposium, Part 2 of the 6th World Telecommunication Forum, 10-15 October 1991 in Genève. Call for papers 15 oktober 1990.
Contactadres: Ir. A.A. Dogterom, AT and T, Network Systems International, Larenseweg 50, Postbus 1168, 1200 BD Hilversum. Tel. 035 - 871466.

Concept programma NERG 1990

WV
16 mei
Electronica- en telecommunicatie hulpmiddelen voor gehandicapten
RNL

WV + AES
6 juni, 19.00 - 21.00 uur
Compact Disc Interactive
Eindhoven, Academisch Genootschap

WV +
september
EMC (ESD, EMI)
RNL, Leidschendam

WV +
november
Satellietnavigatie (100 personen max.)
NLR

WV = werkvergadering, uitsluitend voor NERG-leden;
WV + = werkvergadering, voor NERG-, KIVI-, AES- en IEEE-leden;
WB = werkbezoek, uitsluitend voor NERG-leden;
JV = jaarvergadering, uitsluitend voor NERG-leden;
SMR = semiminar.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 55 – nr. 1 – 1990

Druk: de Witte, Eindhoven.